

FACULTÉ DE MÉDECINE DE PARIS

Année 1970

No

THÈSE

38

POUR LE

DOCTORAT EN CHIRURGIE DENTAIRE

(Thèse de 3^{ème} cycle)

par

Jean, Raphaël, Robert DESPEIGNES

Né le 14 Mai 1922 à Longué (Maine-et-Loire)

Présentée et soutenue publiquement le **28 SEP. 1970**

VARIATION DE L'AIRE
DE LA SURFACE INTRAPARODONTALE
DES RACINES DENTAIRES HUMAINES
EN FONCTION DE LEUR HAUTEUR D'INSERTION

Président de Thèse : Monsieur Pierre CERNEA (Professeur)

DACTYLO-SORBONNE

8, Rue Casimir-Delavigne
PARIS 6^e

1970

FACULTÉ DE MÉDECINE DE PARIS

Année 1970

N°

THÈSE

POUR LE

DOCTORAT EN CHIRURGIE DENTAIRE

(Thèse de 3^{ème} cycle)

par

Jean, Raphaël, Robert DESPEIGNES

Né le 14 Mai 1922 à Longué (Maine-et-Loire)

Présentée et soutenue publiquement le **28 SEP. 1970**

VARIATION DE L'AIRE DE LA SURFACE INTRAPARODONTALE DES RACINES DENTAIRES HUMAINES EN FONCTION DE LEUR HAUTEUR D'INSERTION

Président de Thèse : Monsieur Pierre CERNEA (Professeur)

DACTYLO-SORBONNE

8, Rue Casimir-Delavigne

PARIS 6^e

1970

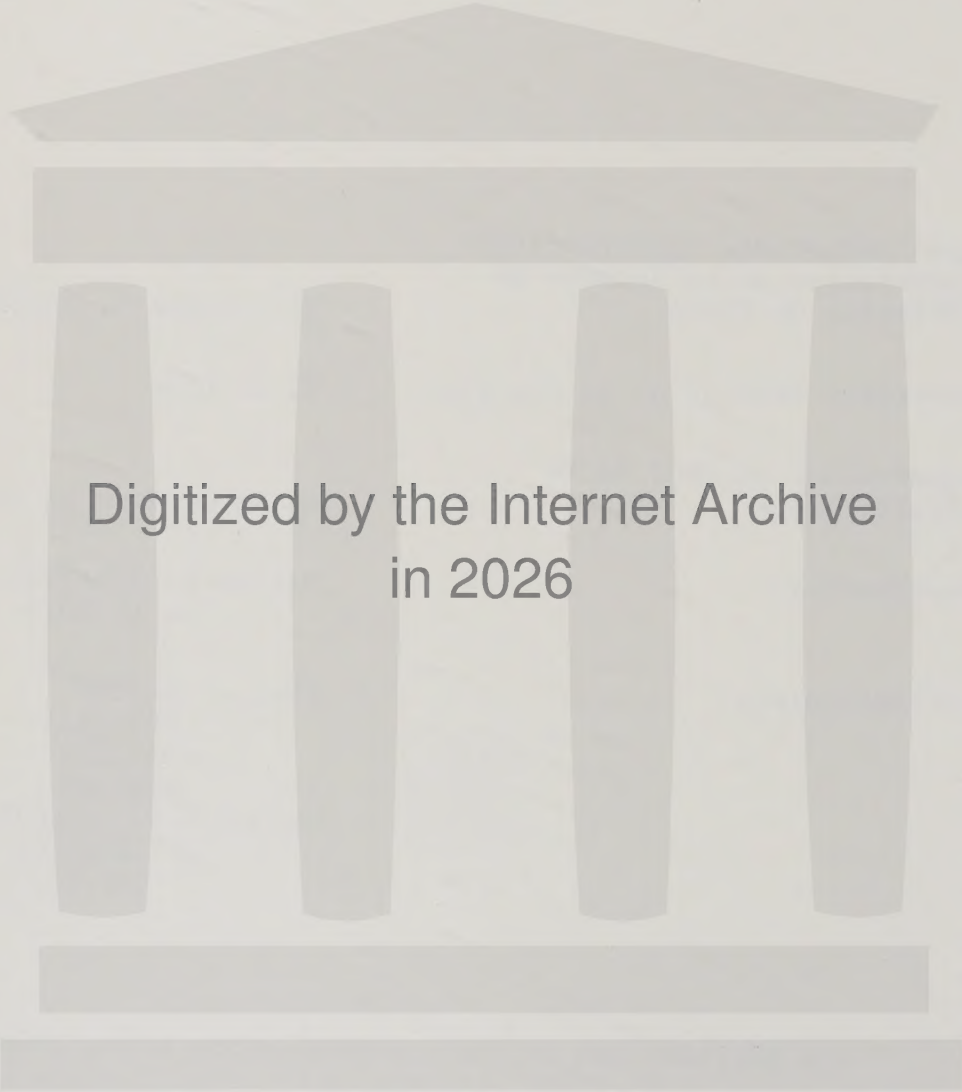


FACULTE DE MEDECINE DE PARIS

-:-

Doyen Honoraire, Administrateur provisoire de la Faculté de Médecine de Paris	Professeur G. BROUET
Secrétaire Général de la Faculté	M. J. LENA
Conservateur en Chef de la Bibliothèque	M. le Docteur A. HAHN
Conservateurs	Melles P. DUMAITRE G. LE NOIR
Bibliothécaires	Mmes J. CONTET FORGET VALLIN DEMANEE Melles M.F. DUROZOY D. ROBERGE LE QUANG

Par délibération en date du 9 décembre 1798, l'Ecole a arrêté que les opinions émises dans les dissertations qui lui seront présentées, doivent être considérées comme propres à leurs auteurs et qu'elle n'entend leur donner aucune approbation, ni improbation.



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41550207_0019

A la mémoire de mon père

A ma mère

A ma femme et à mes enfants

A mes amis

A Monsieur le Professeur Pierre CERNEA

Professeur de Clinique Stomatologique à
la Faculté de Médecine de Paris

Membre de l'Académie de Chirurgie

Officier de la Légion d'Honneur

Qui nous a fait le très grand honneur
d'accepter la présidence de notre
thèse

Qu'il veuille bien trouver ici l'expres-
sion de notre très défecte gratitude

A Monsieur le Docteur Jean DELIBEROS

Directeur de l'Ecole Dentaire de Paris

Officier de la Légion d'Honneur

Avec l'assurance de notre très profonde
reconnaissance pour les encouragements
constants qu'il n'a cessé de nous
prodiguer tout au long de notre travail

A Monsieur Robert WEILL

Directeur de l'Ecole Nationale de
Chirurgie Dentaire de Paris

Avec l'expression de notre très
affectueuse et reconnaissante
gratitude pour les conseils qu'il
nous a donnés et pour l'intérêt
qu'il a porté tant à la préparation
qu'à la rédaction de cette thèse

A la mémoire du Docteur André LATTES

A Monsieur le Docteur Chactas HULIN

A Monsieur Charles AYE
Docteur en Chirurgie dentaire

A Monsieur Victor DECELLE

Qui nous a fourni le sujet de
cette thèse

A Monsieur Yves KAST
Ingénieur de recherches au C.N.R.S.

Sans qui ce travail n'aurait
jamais existé

A tous ceux qui nous ont aidé
et en particulier à

Madame VERCHERE

Mademoiselle ALLAVOINE

Mademoiselle LESOBRE

Mademoiselle de la RIVIERE

Monsieur BALDENSPERGER

Monsieur BELCOURT

Monsieur BROCHERE

Monsieur DINEUR

Monsieur GODIN

Monsieur PHILIPPEAU

Monsieur PICHELOT

Monsieur STIEGLER

Monsieur VERCHERE

VARIATION DE L'AIRE DE LA SURFACE
INTRAPARODONTALE DES RACINES DENTAIRES HUMAINES
EN FONCTION DE LEUR HAUTEUR D'INSERTION

-:-

S O M M A I R E

CHAPITRE I -

Préambule

A/ Définitions

B/ Recherches antérieures concernant l'aire de la surface des racines dentaires humaines

CHAPITRE II -

Matériel et Méthode

A/ Différentes méthodes personnelles envisagées

B/ Mesure de capacité et mesure de surface

1 - Introduction

2 - Principes théoriques

3 - Choix des dents à étudier

4 - Les différents éléments de l'appareillage

a) L'argenture des dents et la fixation des connexions et du support

b) L'isolation des dents

c) Le bain de mercure et ses connexions

d) Le trusquin support

e) Le pont Marconi

5 - Méthodes et manipulations

CHAPITRE III - Résultats

CHAPITRE IV - Discussion

CHAPITRE V - Conclusion

Bibliographie

CHAPITRE I

P r é a m b u l e

A - DEFINITIONS.

La dent, normalement située, dans la cavité buccale, fixée au sein d'une des arcades dentaires, en occlusion convenable avec ses antagonistes naturels, peut être considérée comme un outil et le parodonte dans lequel elle est insérée, comme la main qui tient cet outil.

L'anatomie de cette dent, ainsi que du parodonte qui la supporte, est bien connue. La physiologie de cet ensemble masticatoire l'est de mieux en mieux. Son étude mécanique a fait et fait encore l'objet de nombreuses recherches.

Il existe pour toute dent, arrivée au terme de son évolution, une surface libre et une surface implantée. Dans la normalité la portion libre est constituée par la couronne et la portion implantée (ou intraparodontale) par la racine. C'est en quelque sorte le manche de l'outil.

On définit ainsi une couronne fonctionnelle ou portion active. Le volume et les surfaces utiles de cette couronne peuvent évoluer (abrasion, carie, apparition de zones radiculaires dénudées, coronoplastie).

La racine fonctionnelle, elle, est définie par l'aire de sa surface d'implantation. Cette aire évolue également mais seulement dans le sens d'une diminution. Bien entendu un rapport harmonieux et équilibré entre couronne fonctionnelle et racine fonctionnelle est toujours souhaitable.

Ce point de vue est bien développé dans l'ouvrage de HELD et CHAPUT, "Les Parodontolyses" (43).

Ainsi, "TELLIER, WESKI, JACCARD, HULIN, BECKS et BERNIER et A.J. HELD ont attaché leur nom à la conception de l'organe dentaire, complexe tissulaire composé de deux parties dont l'une est exposée directement aux forces de l'occlusion et dont l'autre supporte et transmet ces forces" (CHAPUT (17)).

La dent, dans toute sa hauteur peut être comparée à un bras de levier, soumis à un certain nombre de forces, dont un effet de couple autour d'un point de rotation.

L'aire de cette surface radiculaire implantée est un facteur fonctionnel essentiel dans la physiologie dentaire et donc dans le système masticatoire en général. Elle dépend du point de vue qualitatif et quantitatif du desmodonte et de l'os alvéolaire et de ce fait permet de connaître l'un des facteurs majeurs de la fonction. La connaissance de l'aire de cette surface est importante : c'est celle du manche de l'outil. Elle est aussi un des facteurs de la solidité de la dent. En effet la quantité des fibres desmodontales attachées à la paroi cémentaire de la dent est directement fonction de cette aire. Ainsi les faisceaux de fibres seront plus nombreux si les surfaces opposées, c'est-à-dire cémentaires et osseuses, sont grandes. Et pour un même effort la traction qui s'exercera sur un faisceau de fibres en sera réduite car répartie sur un plus grand nombre. Une grande surface protège donc de traumatisme. Il est dit très souvent, et nous le reverrons dans l'étude bibliographique qui va suivre, que l'un des facteurs de la solidité de la dent réside dans la longueur ou dans la forme des racines. Nous pensons qu'il serait plus juste de dire : "dans l'aire des surfaces radiculaires intraparodontales". En fait la valeur même de l'implantation est fonction de la surface. C'est une règle élémentaire de géométrie que de rappeler que toute surface dépend de la forme même, donc des dimensions de l'objet.

Cette aire est variable dans le temps. Elle diminue sous l'influence du vieillissement comme des maladies parodontales.

Cette aire est essentiellement fonction de la hauteur de la racine insérée dans le parodonte, ou hauteur du parodonte. Si cette hauteur diminue, l'aire aussi diminue.

Les conditions mécaniques du fonctionnement du système sont alors modifiées dans un sens défavorable. (Portion libre plus importante, portion insérée réduite, point de rotation

déplacé, résultante des forces à partir du point d'application modifiée en direction comme en valeur).

Ce levier peut être défini comme un levier interappui. Une résistance assurée par le petit bras du levier sera vaincue par une force motrice d'autant plus faible que le bras du levier soumis à son action sera plus long (livre de physique de Seconde).

Le but de ce travail sera la mesure de cette aire intraparodontale des surfaces des racines dentaires humaines. Nous étudierons surtout la variation de cette aire lorsque le parodonte diminue de hauteur.

Notre propos est donc d'apporter une contribution à la meilleure connaissance de ce facteur fonctionnel.

Il est utile de définir ce que l'on entend par :

- 1/ La racine ou la portion de racine insérée dans le parodonte ;
- 2/ La hauteur d'insertion dans le parodonte ;
- 3/ L'aire radiculaire intraparodontale.

(N.B. - On éliminera de principe le cas des dents atteintes de lésions apicales ou para-apicales quelle qu'en soit leur origine, ainsi que celui des dents de morphologie atypique, y compris les dents de sagesse supérieures et inférieures).

°°

1/ La racine ou portion de racine insérée dans le parodonte est celle dont la surface cémentaire porte les fibres desmodontales fixées à l'os alvéolaire par leur autre extrémité.

L'insertion de cette racine est limitée, dans la normalité, par un anneau fibreux dit encore ligament circulaire (ou de KOELLIKER) recouvert de l'attache épithéliale. L'ensemble forme la sertissure gingivale (80).

Il peut exister d'autres limites à l'insertion de cette racine. Elles seront décrites ci-dessous.

2/ Hauteur d'insertion dans le parodonte.

Le parodonte (Paradentium de WESKI) est un système complexe chargé de maintenir en position et d'assurer la vie de cet organe dur qu'est l'odonte.

Le parodonte est constitué par :

- l'os alvéolaire (lamina dura et os spongieux)
- le desmodonte et son ligament alvéolo-dentaire
- la gencive marginale
- la gencive basale.

L'os alvéolaire fait suite, sans discontinuité, à l'os basilaire. Le parodonte est irrigué par un système circulatoire à trois voies afférentes et innervé par le trijumeau, le système sympathique et le système para-sympathique. (43)

La dent ou odonte est constituée de :

- l'émail
- l'ivoire
- la pulpe
- le ciment.

Rappelons aussi la notion d'Odonton de GRAFF se subdivisant en Parodontium (os alvéolaire, desmodonte, gencive, ciment) et en Odontium (émail, ivoire, pulpe) (JACCARD) (43).

La hauteur de ce parodonte nous intéresse spécialement. Elle s'identifie avec la hauteur d'insertion de la racine dentaire dans le parodonte.

Elle est comprise entre l'apex (ou apex de la plus longue racine) et la limite cervicale du ligament alvéolo-dentaire effectivement attaché au ciment comme à l'os alvéolaire.

Dans la normalité cette limite cervicale est constituée par la sertissure gingivale. Elle se situe au plus près du collet anatomique (zone de jonction émail ciment) légèrement au-dessus, au niveau, ou en retrait de celui-ci.

Si la limite cervicale du ligament alvéolo-dentaire n'est pas située à son emplacement normal, mais à un endroit

localisé en direction apicale sur la racine, on distinguera deux cas :

- la hauteur de la surface radiculaire insérée dans le parodonte a diminué du fait du vieillissement. La sertissure conserve son intégrité anatomique. Elle est seulement topographiquement déplacée. En général l'évolution est lente et peut être considérée comme physiologiquement normale ;

- cette hauteur diminue sous l'effet de maladies parodontales (parodontoses, parodontites, parodontolyses simples ou complexes de toutes origines). Cette diminution peut être importante. On distinguera deux cas :

a) La sertissure gingivale est saine. Parodontose (par exemple) ou conclusion réussie d'un traitement parodontaire. Elle n'est que topographiquement déplacée. L'évolution est lente ou moyenne.

b) La sertissure est inflammatoire. Parodontites de toutes origines avec, en général, formation de poches intraparodontales. Dans ce cas, c'est au fond de la poche que se situe la limite cervicale du ligament alvéolo-dentaire. La hauteur d'insertion est alors la distance comprise entre l'apex et le fond de la poche.

Mesure de la hauteur d'insertion dans le parodonte :

- In vitro : au pied à coulisse

- In vivo : par a) la radiographie
b) l'examen clinique.

a) La radiographie.

Le cliché radiographique permet d'apprécier avec une approximation relative, mais suffisante, la longueur de la racine. Il faudra pour éviter les déformations de l'image que le cliché ait été parfaitement correct dans son exécution comme dans le choix de l'incidence. On utilise la méthode du long cône avec cliché standardisé (distance connue et rigoureusement constante). L'erreur absolue est inférieure au millimètre. On lit en s'aidant du pied à coulisse la hauteur radiculaire intraparodontale (2 - 43 - 70 - 122).

En présence de poches et pour apprécier leur profondeur on use d'une jauge de HIRSCHFELD. Celle-ci est placée dans la poche, le long de la racine (éventuellement sous anesthésie locale). On doit s'assurer que l'extrémité de la jauge s'appuie bien sur le fond de la poche. La jauge porte des graduations (4 mm pour la première puis de 2 mm en 2 mm). La lecture du cliché radiographique effectuée comme il a été décrit ci-dessus permet en s'aidant du pied à coulisse, la mesure de la profondeur de la poche et de la hauteur radiculaire. (43 - 44).

b) L'examen clinique.

On contrôle les mesures obtenues par la méthode ci-dessus de la façon suivante, en cas de résorption ou de poches.

La hauteur de la racine apparente entre le collet anatomique et la sertissure gingivale est mesurée au pied à coulisse.

La profondeur des poches est mesurée à l'aide d'une sonde mousse graduée. On peut utiliser aussi une précelle à pointe mousse dont l'une des branches porte une graduation millimétrique. On introduit la branche non graduée dans la poche. On lit directement sur l'autre la profondeur de celle-ci. (25 - 43).

Les résultats doivent être identiques à ceux obtenus par la méthode radiographique.

3/ L'aire radiculaire intraparodontale.

Comme la hauteur, cette aire est limitée dans la normalité par la sertissure gingivale. Dans les autres cas les limites sont les mêmes que celles décrites au chapitre précédent. Cette aire varie avec l'âge comme avec la maladie (parodontopathies diverses). Elle varie aussi avec le nombre et la forme des racines. Elle est maximale dans la normalité et diminue au fur et à mesure de la résorption du parodonte jusqu'à tendre vers zéro. Cette résorption n'étant pas toujours identique sur toutes les faces de chaque racine (avec ou sans poches) les limites de cette aire peuvent être constituées par une ligne au trajet irrégulier.

Il est impossible de mesurer cette aire in vivo.

Il faut donc effectuer la mesure in vitro et avoir la

possibilité d'extrapolation in vivo à partir des résultats obtenus par la recherche expérimentale.

Autrement dit, la hauteur intraparodontale étant relativement facile à mesurer in vivo, nous devons à partir de cette donnée, pouvoir déduire l'aire de la surface radiculaire insérée, celle-ci étant toujours fonction de celle-là.

Avant d'entreprendre ce travail il nous faut faire un rappel bibliographique indispensable.

B - RECHERCHES ANTERIEURES CONCERNANT L'AIRES DE LA SURFACE DES
RACINES DENTAIRES HUMAINES.

Celle-ci a trois objectifs principaux :

- 1) Une recherche concernant les différents ouvrages d'anatomie dentaire dans le but de choisir l'un d'eux comme base de notre travail.
- 2) Une recherche concernant les différents manuels et les différentes communications de base, ou spécialisées consacrées à des mesures scientifiques effectuées au niveau des dents et du parodonte. Il nous a fallu savoir aussi si le travail que nous allions entreprendre pouvait apporter un élément nouveau aux travaux existants de physiologie ou de mécanique dentaire et occlusale.
- 3/ Une étude détaillée des publications ayant traité déjà ce sujet avant nous.

Cette étude bibliographique a volontairement été limitée dans le temps. Elle porte donc sur les ouvrages publiés après 1920.

1) Anatomie dentaire.

Nous avons consulté un certain nombre d'Atlas (131 - 126 - 66 - 125 - 133) ainsi que le très curieux travail statistique de PINEDA (78). Nous avons préféré, comme base de référence pour les recherches que nous allions entreprendre l'Atlas de MARSEILLIER, "Les dents humaines. Morphologie" (67).

Notre travail expérimental était déjà très avancé quand nous avons eu connaissance des ouvrages suivants :

- 1967 : RENARD-DANNIN et DINEUR, "Précis d'anatomie dentaire (110)

- et 1969 : KRAUS "Dental anatomy and occlusion" (58).

Leur lecture ne nous a pas donné à penser que nous avions fait erreur en choisissant l'ouvrage plus ancien de

MARSEILLIER : "Les dents humaines. Morphologie" comme base de notre recherche. Toute notre hypothèse de travail repose sur les références cotées citées dans cet Atlas. Celles-ci sont admises unanimement par les spécialistes d'Anatomie dentaire à qui nous avons demandé conseil. La morphologie ainsi que les cotes sont basées sur un important travail statistique.

Signalons qu'aucun des auteurs cités ci-dessus ne propose dans les cotations énoncées, celle de l'aire de la surface radiculaire.

Enfin, c'est dans :

- 1966 : RACADOT et WEILL, "Histologie dentaire. Structure et développement de l'organe dentaire" (80), que nous avons trouvé la description anatomique et histologique de la jonction émail-cément, de la surface radiculaire, du cément acellulaire, de l'ostéocément, du support osseux, de la gencive et de la sertissure gingivale.

2) Les manuels et communications de base ou spécialisées concernant le parodonte et les mesures scientifiques effectuées à son niveau.

Nous avons cru convenable de relire un certain nombre de publications et manuels anciens, antérieurs à 1941 (65 - 130 - 75 - 116 - 42 - 49).

Nulle part il n'est fait état du paramètre : "Aire des surfaces radiculaires", sauf dans :

- 1931 : HOUSSET, "Action sur l'intégrité tissulaire des prothèses partielles fixes ou amovibles" (46).

On peut dire que de nos jours rien n'est à retrancher de cet important travail. L'auteur étudie la transmission des forces masticatoires à ce qu'il appelle "le substratum" des constructions prothétiques (os alvéolaire, os basilaire, racine, complexe ligamentaire).

Au cours d'une analyse sur l'influence des actions mécaniques sur l'os alvéolaire, il rappelle les lois de Jores, l'importance et la valeur du ligament circulaire et insiste sur la nécessité de l'examen des racines avant la préparation d'une prothèse et en particulier de leur : "Forme, volume (longueur et calibre), direction, intégrité tissulaire".

Il appelle "encastrement" ce que nous appelons insertion et cherche à en définir les lois. Il se heurte à un certain nombre de paramètres difficiles à mesurer et en particulier "la forme, la courbure et la surface des racines encastrees".

Enfin il cite les auteurs qui avant 1920 avaient senti la nécessité de la connaissance de ces paramètres. GODON, BONWILL, BLACK, STILLMANN, RUMPEL, LUND, SCHROEDER, RICHELMANN, HARDRUP, P. ROBIN, G. VILLAIN, FILHOT, GUIBERT, FOURQUET, CHAPPEY.

Ajoutons enfin que dans les mises à jour de la P.O.S. (47), HOUSSET en 1951 rappellera les idées qu'il avait énoncées vingt ans plus tôt. Il ne propose pas de méthode pour connaître l'aire de la surface radiculaire, mais étudie les caractères particuliers des quatre portions de la racine (zone cervicale, zone médiane, zone périapicale, zone apicale), en ce qui concerne "leur forme, leur grosseur, leur direction, leur intégrité tissulaire".

Après 1941, les ouvrages qui nous intéressent sont excessivement nombreux. Nous avons consulté un certain nombre de manuels et communications de base en langue anglaise et en langue française (59 - 60 - 34 - 75 - 37 - 50 - 38 - 79 - 81 - 62 et 21 - 1 - 54 - 127 - 43 - 64 - 17), et avons remarqué que tous ces auteurs sont bien sûr persuadés de la valeur et de l'intérêt des différents éléments du parodonte tant dans l'anatomie que dans la physiologie du système manducateur. Bien souvent les termes : longueur et forme ou direction des racines sont employés alors que c'est le paramètre "aire de la surface radiculaire" qui devait être recherché. LERICHE insiste sur "l'importance de la portion radiculaire utile, c'est-à-dire de la portion radiculaire saine incluse dans l'os alvéolaire sain" (64). ACKERMANN (1) attribue à chacune des dents des coefficients de résistance, malheureusement empiriques. Signalons enfin que dans la plupart des manuels et en particulier dans "Les parodontolyses" de HELD et CHAPUT (43), on trouve de nombreuses références à l'aire d'implantation, mais dans aucun de ceux-ci un chiffre n'est avancé, partiel ou global, concernant la valeur précise ou approximative de cette aire.

Nous avons en outre consulté un certain nombre d'ouvrages spécialisés, tous consacrés à des études de mesure dans la région parodontale (48 - 68 - 69 - 70 - 132 - 3 - 4 - 121 - 76 - 77 - 52 - 8 - 9 - 6 - 40 - 15) et dans aucune de ces publica-

tions de haute qualité nous n'avons trouvé de référence au paramètre qui nous intéresse, l'aire de la surface radiculaire intra-parodontale ou non.

°°°

Orthopédie dento-faciale.

Les orthodontistes semblent avoir été très inspirés par le problème qui nous préoccupe.

La raison en est que lorsqu'une force est appliquée sur une dent par un ressort ou par tout autre dispositif pour en obtenir le déplacement, la résistance à cette action est constituée par la "surface pressée". On entend par surface pressée la moitié de l'aire de la surface de la racine qui comprime le ligament alvéolo-dentaire (l'autre moitié de cette aire fait subir au ligament un étirement). Bien d'autres cas peuvent se présenter : rotation, égression, ingression. Toutes ces pressions et tractions sont évidemment transmises à l'os environnant.

Nombreux sont les spécialistes qui ont abordé ce problème (111 - 74 - 19 - 20 - 32 - 120) mais nous avons retenu tout particulièrement les publications suivantes :

- 1938, DECELLE : "Le choix de l'appareillage en orthodontie" (27). (L'auteur fait apparaître comme essentielle la notion de surface sur laquelle s'applique la force de l'appareillage orthodontique. Il définit la surface pressée et la surface de traction comme égales chacune à la moitié de l'aire de la racine) ;

- 1951, SCHWARZ : "Les bases biologiques fondamentales de la thérapeutique actuelle dans l'orthopédie dento-maxillo-faciale" (117). (Cet auteur, à qui l'on doit le terme de "surface pressée", indique que la pression de 25 g cm² ne doit jamais être dépassée. 25 g cm² = pression interne du sang dans les capillaires) ;

et surtout :

- 1959, DECELLE "La thérapeutique et ses dangers" (28) ;
- 1960, "Actions thérapeutiques et réactions tissulaires" (29) ;

- 1961 "Le problème de l'équilibre des forces" (30).

(Ces ouvrages sont directement à l'origine de ce travail. Plutôt que d'en faire une analyse, il nous semble plus utile de présenter ici de larges extraits de "Actions thérapeutiques et réactions tissulaires" (29) ; nous ne citerons bien entendu que ce qui intéresse la surface pressée et le mode de détermination de son aire. Citations choisies de la page 186 à la page 191. Annales Odonto-Stomatologiques, juillet-août 1960).

"CALCUL DE L'ETENDUE DE LA SURFACE PRESSEE"

Elle est égale à l'aire latérale de la racine dans les mouvements d'ingression et de rotation. Elle est nulle dans les mouvement d'égression. Dans les autres mouvements, elle est fonction de la direction de ceux-ci. Son étendue est égale à la portion d'aire latérale de la racine limitée par un axe médian perpendiculaire à l'axe du mouvement (voir fig. 1).

Pour un mouvement vestibulaire par exemple, la surface pressée partira de l'axe mésio-distal, la force se répartira de la manière suivante : maxima selon l'axe vestibulo-lingual, elle décroîtra progressivement pour être nulle au niveau de l'axe mésio-distal...

... La méthode que nous vous proposons nous semble ser-rer la vérité d'assez près pour nous donner satisfaction. D'au-tant que dans la pratique que nous faut-il ? Une mesure, tou-jours la même, nous donnant une surface que nous savons être égale ou inférieure à la surface réelle et qui nous permettra, dans nos études cliniques à venir, de calculer la force optima capable de produire le mouvement facilement, rapidement et sans laisser de séquelles. Nous avons, à titre d'exemple, calculé la surface radiculaire de chacune des quatorze dents permanentes en utilisant les dimensions données dans trois ouvrages classi-ques, celui de BLATTER et LEGROS, celui de MARGUERITE et celui de MARSEILLIER. Voici un tableau où figure l'aire latérale de chaque dent d'après les dimensions fournies par les ouvrages ci-dessus. Les quatrième et cinquième colonnes correspondent à des mesures effectuées d'après les radiographies et les moula-ges d'un cas clinique.

AIRES LATÉRALES DES RACINES						
		BLATTER	MARGUERITE	MARSEILLIER	RADIOS	MOULAGES
Haut	1	1,22 cm2	1,18 cm2	1,24 cm2	1,41 cm2	1,44 cm2
	2	0,97 cm2	0,88 cm2	1,04 cm2	1,18 cm2	1,13 cm2
	3	1,46 cm2	1,54 cm2	1,65 cm2	1,46 cm2	2,00 cm2
	4	2,25 cm2	1,81 cm2	2,22 cm2	1,69 cm2	1,49 cm2
	5	1,26 cm2	1,34 cm2	1,32 cm2	1,03 cm2	1,41 cm2
	6	3,57 cm2	3,64 cm2	4,02 cm2	3,25 cm2	4,14 cm2
	7	2,76 cm2	2,92 cm2	3,16 cm2	2,86 cm2	3,96 cm2
Total :		13,49 cm2	13,31 cm2	14,69 cm2	12,89 cm2	15,98 cm2
Bas	1	0,69 cm2	0,73 cm2	0,85 cm2	0,84 cm2	1,32 cm2
	2	0,80 cm2	0,77 cm2	1,02 cm2	1,13 cm2	1,13 cm2
	3	1,36 cm2	1,21 cm2	1,50 cm2	1,57 cm2	1,70 cm2
	4	0,90 cm2	1,04 cm2	1,35 cm2	1,50 cm2	1,77 cm2
	5	1,11 cm2	1,10 cm2	1,40 cm2	1,50 cm2	1,74 cm2
	6	2,64 cm2	3,13 cm2	2,60 cm2	3,51 cm2	3,96 cm2
	7	2,64 cm2	2,91 cm2	2,16 cm2	3,67 cm2	2,82 cm2
Total :		10,14 cm2	10,89 cm2	10,88 cm2	13,72 cm2	14,44 cm2

TABLEAU 1

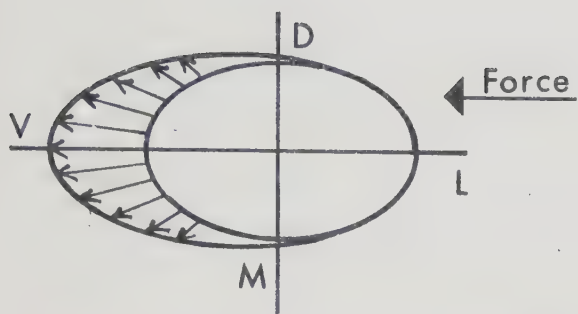


Fig.1

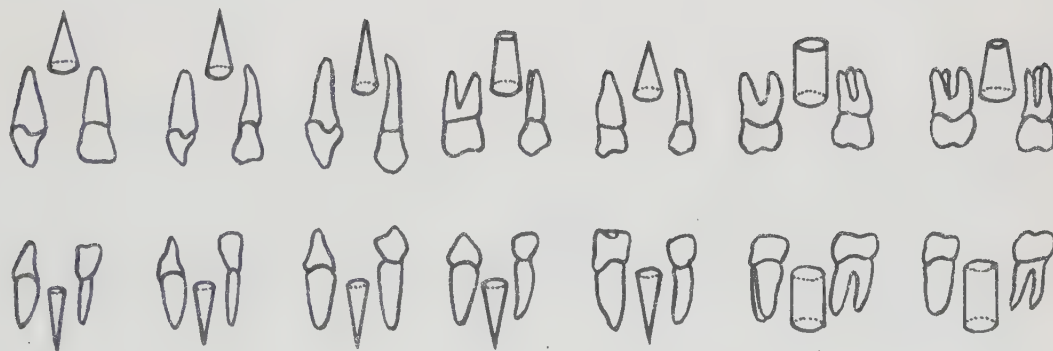
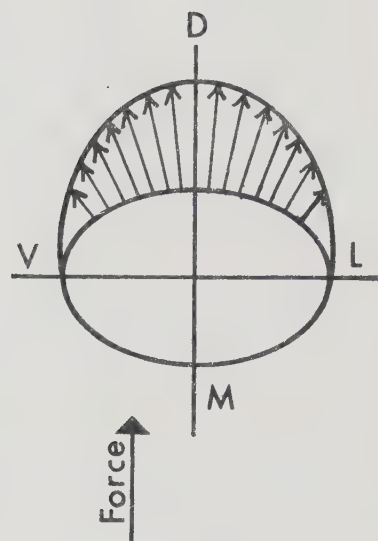


Fig.2

Schémas servant au calcul de l'aire latérale des racines des dents

Comment ces chiffres ont-ils été obtenus ? La racine ou les groupes de racines évoquent la forme d'un cône, d'un tronc de cône, d'un cylindre. Malheureusement, la coupe de la dent au niveau du collet est rarement circulaire. Là encore, il faut donc accepter de simplifier la figure : nous avons pris pour calculer les dimensions de la base la moyenne des diamètres mésio-distaux et vestibulo-linguaux, ce qui nous a permis de calculer une circonférence de base.

Nous nous sommes assurés que l'erreur était faible - moins de 1/10ème - dans un des cas les plus défavorables : celui des incisives inférieures (voir fig. 2).

Dans la pratique courante, pour calculer la surface pressée en partant des radiographies, nous devons vérifier que nous n'avons pas, par une mauvaise incidence, changé les dimensions des dents. Nous pourrions nous en assurer en mesurant la longueur et la largeur des couronnes sur le sujet ou sur le moulage. Il faut aussi penser que sur les radiographies nous n'avons que le diamètre mésio-distal ; il faudra donc, au moins pour les incisives inférieures, prendre sur le moulage le diamètre vestibulo-lingual et faire la moyenne de ces deux axes pour le calcul de l'aire latérale du cône.

En l'absence de toute radiographie, vous pourrez utiliser les moulages afin d'avoir au moins une approximation assez bonne d'ailleurs ainsi qu'en témoignent les chiffres du tableau 1. Les axes mésio-distaux et vestibulo-linguaux seront pris aussi près que possible du niveau du collet. Leur moyenne vous permettra de calculer la circonférence de base et le tableau suivant (tableau 2) vous donnera pour chaque dent la longueur de la racine en fonction de celle de la couronne. Les chiffres du tableau 2 concernent des dents strictement anatomiques, mais il n'est pas prouvé que les dents naines ou géantes n'aient pas de rapports racine-couronne égaux à ceux-ci. Toutefois, les chiffres obtenus sur les moulages sont un peu élevés comme vous pouvez le voir d'après le tableau 1 où radiographies et moulages sont ceux d'un même patient. Vous devez donc en tenir compte lors du calcul des forces à employer.

LONGUEUR DE LA RACINE EN FONCTION
DE CELLE DE LA COURONNE

Maxillaire

1	Longueur de la racine = 1 fois $1/4$ celle de la couronne
2	racine = 1 fois $1/2$
3	racine = 2 - 2 mm
4	racine = 1 fois $1/2$
5	racine = 2 fois
6	racine = 2 fois
7	racine = 2 fois - 1 mm

Mandibule

1	racine = 1 fois $1/2$
2	racine = 1 fois $1/2$
3	racine = 1 fois $1/2$ + 1 mm
4	racine = 2 fois - 1 mm
5	racine = 2 fois - 1 mm
6	racine = 2 fois
7	racine = 2 fois - 1 mm

TABLEAU 2

FIN DE CITATION :

N.B. - Il est intéressant de remarquer que nombre d'auteurs ont utilisé pour représenter les racines dentaires, dans leurs croquis, des triangles plus ou moins évasés annonçant ainsi le cône proposé par DECELLE ; HULIN, par exemple dans "Les parodontoses pyorréiques", 1941 ; figures n° 34, 54, 68, 69, etc... (49).

Signalons qu'en 1964 DAIX, dans une communication intitulée "Modifications tissulaires dento-alvéolaires au cours des traitements orthodontiques" (26), affirme que la pression de 25 g/cm² recommandée par SCHWARZ peut être dépassée et portée à 50 g/cm² sans danger.

Il nous faut enfin rappeler les travaux très importants du Professeur Kaare REITAN, d'Oslo, résumés dans :

- 1967, SUEUR : "Les réactions tissulaires au cours des déplacements orthodontiques", (d'après les travaux de Kaare REITAN) (124), suivi d'une importante bibliographie de cet auteur que nous citons in-extenso à la fin de notre travail (années 1940 à 1966) (84 à 109).

Il est excessivement difficile de résumer 26 ans de la pensée de ce savant chercheur norvégien. Au demeurant, nous exposons ici ses principales idées directrices.

° ° °

1/ Réaction du côté pression.

Elle peut prendre deux aspects :

- Résorption osseuse directe... due à une pression légère. La circulation est non entravée. Si les ostéoclastes sont nombreux, la résorption sera rapide (au bout de quelques heures). Le déplacement se fera harmonieusement, régulièrement et rapidement.

Mais pour l'auteur ces conditions sont rarement réunies.

- Résorption osseuse indirecte - Si la force augmente, la membrane ligamentaire est comprimée, la circulation ralentie ou supprimée.

Un certain nombre de dégénérescences diverses apparaissent dont la hyalinisation des fibres du desmodonte, qui vont s'unissant en une espèce de masse. C'est le mur HYALIN qui empêche toute vie cellulaire, donc toute ostéoclasie et qui retarde souvent pendant plusieurs semaines toute résorption osseuse. La situation se rétablira enfin grâce à une résorption

indirecte (undermining resorption) qui ne pourra être effective que 15 jours à un mois après la mise en route de l'appareillage. Les zones résorbables, $1/3$ apical aux $2/3$ marginaux, sont étudiées en détail.

2/ Réaction du côté tension.

Il se produit une apposition osseuse directe, grâce à la formation d'une substance "ostéoïde", sorte de matrice minéralisable, mais non résorbable.

De plus, une apposition osseuse indirecte se fait à la partie la plus profonde de l'alvéole selon certaines conditions, ainsi que quelquefois une apposition de ciment.

o

Les spécialistes d'orthopédie dento-faciale n'ont pas cherché à calculer les aires de surfaces radiculaires. Ils se contentent des approximations originales de V. DECELLE : analogie aux aires latérales facilement calculables de solides géométriques simples - Cône pour les monoradiculées - Tronc de cône ou cylindre pour les muttiradiculées.

o

3/ Ouvrages et communications concernant la mesure de l'aire de la surface des racines dentaires humaines.

Au cours de nos recherches bibliographiques nous n'avons découvert que les six publications suivantes :

- 1937, DELIBEROS : "Le rôle des affections gingivo-dentaires en pathologie cutanée" (31). L'auteur, dans sa thèse, ne cherche pas à connaître l'aire de la surface des racines mais calcule l'aire des surfaces suppurantes. Sur des dents extraites il mesure "la surface développée des culs de sac pyorréiques dans un cas de polyarthrite alvéolaire d'intensité moyenne". Il cite les travaux de RODMAN sur ce sujet et les confirme en mesurant lui-même "l'aire des clapiers pyorréiques". Un groupe de 7 dents antérieures du maxillaire supérieur représentait une lésion de 8 cm².

Ce qui est intéressant, en ce qui nous concerne, c'est que DELIBEROS emploie la méthode de la surface développée pour mesurer l'aire des lésions qu'il étudie.

N.B. - Les cinq auteurs cités ci-dessous utiliseront la même méthode pour mesurer l'aire de la surface des racines dentaires.

- 1950, BROWN : "Une méthode de mesure de la surface de la racine" (13). L'étude ci-dessus est faite exclusivement sur des incisives centrales supérieures numérotées de 1 à 9. L'auteur peignait au pinceau la surface de la racine de la dent à étudier, in vitro avec du latex liquide de consistance laiteuse. En se fixant, le latex devenait translucide. Il découpait alors une fois prise, la membrane de latex, au rasoir et l'étalait sur une feuille de papier millimétré. Il lisait la surface en comptant les carrés ou portions de carrés, de surface connue.

Il notait sur un tableau la longueur totale de la racine depuis la jonction amélo-cémentaire jusqu'à l'apex et ensuite l'aire de la surface de la racine depuis cette jonction jusqu'à l'apex. (Mesure réalisée selon la méthode décrite ci-dessus).

Dans un autre temps, il mesurait l'aire de la racine depuis l'apex jusqu'à 2 mm de la jonction amélo-cémentaire, puis de l'apex jusqu'à 4 mm de la même jonction, enfin de l'apex jusqu'à 5 mm de cette limite.

Les tableaux ci-dessous donnent les valeurs des aires réelles trouvées par l'auteur ainsi que les pourcentages de réduction de l'aire utile.

LONGUEUR TOTALE DE LA RACINE DEPUIS LE MILIEU DE LA SURFACE VESTIBULAIRE DE LA JONCTION AMELO-CEMENTAIRE JUSQU'A L'APEX			
Dents n°	1	-	13 mm
	2	-	15 mm
	3	-	12 mm
	4	-	14 mm
	5	-	14 mm
	6	-	13 mm
	7	-	12 mm
	8	-	11 mm
	9	-	12 mm

AIRE DE LA RACINE DEPUIS L'APEX JUSQU'A LA JONCTION AMELO-CEMENTAIRE		
Dents	n°1	216 mm2
	2	200 mm2
	3	176 mm2
	4	192 mm2
	5	228 mm2
	6	188 mm2
	7	176 mm2
	8	160 mm2
	9	192 mm2

Tableau 2

AIRE DE LA RACINE DEPUIS L'APEX JUSQU'A 2 mm de la JONCTION AMELO-CEMENTAIRE		
Dents n°		% de réduction de l'aire
1	136 mm2	27 %
2	132 mm2	35 %
3	144 mm2	18 %
4	136 mm2	30 %
5	168 mm2	26 %
6	160 mm2	15 %
7	112 mm2	36 %
8	120 mm2	22 %
9	156 mm2	19 %

Tableau 3

AIRE DE LA RACINE DEPUIS L'APEX JUSQU'A 4 mm DE LA JONCTION AMELO-CEMENTAIRE		
Dents n°		% de réduction de l'aire
1	84 mm2	61 %
2	80 mm2	60 %
3	100 mm2	43 %
4	80 mm2	58 %
5	108 mm2	53 %
6	112 mm2	40 %
7	80 mm2	55 %
8	72 mm2	55 %
9	100 mm2	48 %

Tableau 4

AIRE DE LA RACINE DEPUIS L'APEX JUSQU'A 5 mm DE LA JONCTION AMELO-CEMENTAIRE		
Dents n°		% de réduction de l'aire
1	68 mm2	68 %
2	72 mm2	64 %
3	72 mm2	59 %
4	72 mm2	62 %
5	92 mm2	60 %
6	92 mm2	51 %
7	64 mm2	64 %
8	52 mm2	68 %
9	84 mm2	65 %

Tableau 5

On peut regretter seulement que cette étude n'ait été faite que sur l'incisive centrale supérieure.

Le calcul de l'erreur absolue et de l'erreur relative n'a pas été fait par l'auteur. Il semble que l'élasticité du produit et que l'irrégularité de l'épaisseur de la couche de Latex soient la source d'erreurs importantes, du moins quant au calcul de l'aire proprement dite.

La méthode n'a pas été éprouvée non plus sur un solide de surface connue, un cylindre par exemple, qui aurait pu donner une idée exacte de la marge d'erreur possible.

Au demeurant, l'étude de l'évolution du rapport de l'aire de la surface en fonction de la hauteur insérée est d'une grande originalité.

- 1958, BOYD : "A preliminary investigation of the support of partial dentures and its relationship to vertical loads" (10).

- N.B. - 1) Nous ne connaissons les travaux de cet auteur qu'à travers l'article de A. JEPSEN cité plus loin.
- 2) Nous avons trouvé une fiche bibliographique portant le même titre de communication mais sous la signature de : WATT, MAC GREGOR, GEDDES et coll. dont BOYD (tout donne à penser qu'il s'agit bien du même article) (129).
- 3) Aucune des bibliothèques que nous avons consultées ne possédaient cet article. Nous nous référons donc à l'analyse qu'en fait A. JEPSEN.

L'auteur emploie également la technique de la membrane.

Il n'en précise pas la nature chimique, mais effectue ses mesures sur chacune des quatorze dents (dents de sagesse mises à part). Il mesurera 5 dents de chaque catégorie et retiendra les valeurs moyennes de l'aire. Nous lirons les résultats obtenus à la fin du résumé du travail de JEPSEN que nous analyserons ci-dessous.

- 1959, MULLER : "Les surfaces radiculaires des dents humaines et leur importance pour les reconstitutions prothétiques en ce qui concerne la charge supportée par le parodonte sain et le parodonte pathologique" (72).

Cet auteur suisse de Fribourg emploie une méthode très proche de celle de BROWN dont il ne semble pas connaître les travaux. Son étude intéresse toutes les dents permanentes humaines, molaires comprises.

L'auteur sépare les racines des couronnes et isole chacune des racines s'il s'agit de bi ou multi-radiculée. Après avoir verni les surfaces à étudier, il les trempe dans de la cire liquide ou dans de l'acétate de polyvinyl. Une fois la couche refroidie, il la découpe au rasoir et en dessine les contours. La surface est calculée à l'aide du planimètre d'AMSLER. L'auteur a consigné ses résultats sur un tableau ici reproduit. Le calcul de l'erreur absolue et de l'erreur relative ainsi que le calcul de l'aire d'un solide type dont la surface est mathématiquement déterminable (pour contrôle) n'ont pas été faits.

MULLER étudie les aires de la surface totale de la racine de chacune des dents, puis des mêmes racines avec des résorptions de 2 à 3 mm, de 5 à 6 mm et enfin de 7 mm.

WO : surface totale radiculaire parodonte normal

Kr : Surface coronaire anatomique totale

Par. p. 1 : Parodonte pathologique. Stade 1. Poches de 2 - 3 mm

Par. p. 2 : Parodonte pathologique. Stade 2. Poches de 5 - 6 mm

Par. p. 3 : Parodonte pathologique. Stade 3. Poches de 7 mm

	W.O. mm2	Kr mm2	Par. p. 1 mm2	Par. p. 2 mm2	Par. p. 3 mm2
Inc. cent. sup.	250-330	200-250	-60 -70	-150 -180	-240 -290
Inc. cent. inf.	180-260	100-180	-40 -50	-110 -120	-140 -190
Inc. Lat.	peu de différences avec les Inc. cent. inf.				
Canines	250-600	200-310	-30 -50	-120 -200	-240 -400
Prémolaires	180-380	160-250	-30 -60	-120 -210	-200 -310
I. Molai- res sup.	700-1000	280-400	-80 -120	-380 -490	-500 -800
II. Molai- res sup.	600-900	260-380	-70 -110	-360 -470	-470 -780
I. Molai- res inf.	550-850	270-400	-70 -110	-350 -420	-400 -650
II. Molai- res inf.	500-780	250-380	-60 -100	-330 -390	-380 -620
III. Molai- res	220-600	180-450	-70 -120	-160 -320	

- 1960, TYLMAN S.D. et TYLMAN S.G. : "Théorie et pratique des couronnes et bridges prothétiques" (128), cité par A. JEPSEN.

Les résultats obtenus dans le calcul de l'aire de la surface des 14 dents humaines qui nous intéressent seront énoncés ci-dessous en même temps que ceux obtenus par JEPSEN. Celui-ci précise que les auteurs ne nous donnent aucun renseignement sur les méthodes employées pour connaître ces surfaces.

- 1963, JEPSEN Arne : "Mesure de la surface de la racine et méthode de détermination de la surface de la racine" (51).

Ce travail d'une grande rigueur et relativement récent est l'oeuvre d'un chercheur danois qui a étudié un lot de 238 dents humaines extraites. Ces dents ont dû faire l'objet d'un choix particulier et rigoureux quant à leur morphologie. Leur jonction émail-cément devait être parfaitement repérable. Certaines l'ont été sous agrandissement optique.

La méthode employée s'apparente à celle de la membrane mais elle semble beaucoup plus précise.

Les temps principaux en sont :

1/ Détermination et tracé au crayon très fin de la jonction émail-cément.

2/ La racine est enveloppée d'une couche de chlorure de polyvinyle diluée et rendue opaque aux rayons X par l'adjonction d'un produit approprié.

3/ La dent ainsi recouverte est placée dans un réchauffeur à 130° pendant 30 minutes. La polymérisation du produit permet d'obtenir un film solide, souple non cassant.

4/ Après refroidissement, la pellicule ainsi obtenue est découpée selon les limites du collet marqué, puis fendue, étalée et déposée entre 2 plaques de verre agrafées ensemble par des clips. Dans le cas des multiradiculées plusieurs découpes ont été effectuées.

5/ Dans la chambre noire, la membrane ainsi préparée est appliquée sur une feuille de papier photo-sensible. Après exposition et fixation cette image est agrandie 5 fois à l'aide d'un agrandisseur photographique usuel.

6/ L'image est projetée sur papier millimétré. Les contours sont dessinés. L'aire est calculée à l'aide du planimètre d'AMSLER et le résultat divisé par 25 (carré de l'agrandissement 5). Toutes les mesures pour contrôle sont refaites deux fois. Dans tous les cas aucune erreur supérieure à 3 pour 1000 n'a été relevée.

7/ Finalement l'auteur prend une radiographie de la dent en appuyant intimement celle-ci à l'aide d'un ruban adhésif

sur le film radio. On essaie de reproduire au mieux les conditions d'une radiographie intra-orale, isométrique, de rayons orthogonaux avec une technique dite de "long cône". Le film obtenu est agrandi cinq fois et dessiné sans s'occuper de la couronne. La jonction émail-cément est dessinée par une ligne qui rejoint les deux extrémités cervicales, mésiales et distales de l'émail. La surface de l'image de la racine est calculée comme ci-dessus.

8/ L'exactitude de la méthode est contrôlée de plusieurs façons.

Il calcule l'aire de la surface d'un solide connu (mathématiquement calculable - cylindre) par la méthode de la membrane ci-dessus décrite. Les différences sont inférieures à 1 %. Pour vérifier le calcul des aires reproduites sur papier millimétré, dix radiographies ont été prises de la même dent et les aires calculées séparément. La moyenne de la variation est de 0,7 %.

D'après l'auteur les erreurs dues à l'aplatissement ou aux irrégularités de la membrane sont pratiquement nulles du fait de la polymérisation de celle-ci et de sa fixation sous-verre.

RESULTAT DU CONTROLE DES MESURES

Object (sujet)	known area sq : mm (aire connue en mm2)	measure- ment I sq : mm (mesure I en mm2)	measure- ment II sq : mm (mesure II en mm2)	measure- ment III sq : mm (mesure III en mm2)	greatest devia- (plus grande dévia- tion)
test body (corps)	238.048	237.2	235.6		1.0 %
tooth n°21 (dent)		223.8	224.4		0.3 %
tooth n° 103		212.4	215.2	217.3	1.2 %

Tableau 1

RESULTAT DES MESURES DES AIRES DE LA SURFACE DES
RACINES

Type of tooth (type de dent)	average area sq : mm (aire mo- yenne en mm2)	stan- dard devia- tion (dévi- ation standard)	coeffi- cient of varia- tion (coeff.de variation)	n° of measu- rements (n° des mesu- res)	relati- ve sizes (tail- les re- latives)	Tylman & Tylman (1960)	Boyd (1958)
SUP.							
I1	204	31.4	15.4	19	6	139	204.5
I2	179	24.9	13.9	25	7	112	177.3
C	273	43.9	16.1	26	3	204	266.5
P1	234	33.7	14.4	20	4	149	219.7
P2	220	39.0	17.7	19	5	140	216.7
M1	433	40.9	9.4	15	1	335	454.8
M2	431	62.5	14.5	10	2	272	416.9
INF.							
I1	154	26.5	17.2	10	7	103	162.2
I2	168	21.5	12.8	10	6	124	174.8
C	268	42.2	15.7	18	3	159	272.2
P1	180	27.2	15.1	24	5	130	196.9
P2	207	26.6	12.9	17	4	135	204.3
M1	431	59.5	13.8	15	1	352	450.3
M2	426	69.7	16.4	10	2	282	399.7

TABEAU 2

Ce tableau est très intéressant car il fait apparaître une grande identité entre les résultats obtenus par BOYD et JEPSEN et une différence de l'ordre de 25 % à 30 % entre leurs mesures et celles de TYLMAN et TYLMAN.

De plus, la technique de mesure in vitro de JEPSEN, si elle n'est pas d'une grande originalité de principe est d'une méthodologie et d'une précision rigoureuses.

Plus remarquable encore en est l'application suivante : connaissant l'aire de l'image radiologique d'une dent mesurée in vivo . comme au § 7 ci-dessus, on obtient l'aire réelle de la surface de la racine en l'affectant d'un coefficient qu'il a calculé pour chacune des dents humaines. La variation est de l'ordre de 10 %.

MESURE DIRECTE DE L'AIRe EN FONCTION DES
MESURES DE L'AIRe AVEC LES RAYONS X

Type of tooth	empirical regression line	standard deviation	95 % confidence interval
SUP. I1	$Y = 61 + 2.3 X$	10.1	$Y + ou - 21$
I2	$= 53 + 2.5 X$	13.0	$+ ou - 27$
C	$= 74 + 3.0 X$	17.9	$+ ou - 37$
P1	$= 70 + 3.4.X$	18.7	$+ ou - 39$
P2	$= 12 + 4.4 X$	16.4	$+ ou - 35$
M1	$= 165 + 3.2 X$	27.7	$+ ou - 60$
M2	$= 123 + 3.6 X$	32.8	$+ ou - 76$
INF. I1	$= 26 + 3.5 X$	9.0	$+ ou - 21$
I2	$= 49 + 3.0 X$	7.0	$+ ou - 16$
C	$= -6 + 3.8 X$	16.8	$+ ou - 36$
P1	$= 6 + 3.6 X$	9.9	$+ ou - 21$
P2	$= 59 + 2.6 X$	13.9	$+ ou - 30$
M1	$= 111 + 3.3 X$	24.7	$+ ou - 53$
M2	$= 50 + 3.9 X$	17.9	$+ ou - 41$

TABLEAU 3

Malheureusement, l'auteur ne nous indique pas comment il a obtenu et calculé ce coefficient.

Exemple, soit pour l'incisive centrale :

X = aire de la surface de l'image radiologique de la dent
61 + 2,3 le coefficient

et Y l'aire totale réelle à connaître.

On appliquera la formule ainsi :

$$Y = 61 + (2.3 \times X)$$

Si X = 60

$$Y = 61 + (2,3 \times 60) = 199 \pm 21 \text{ (marge de l'erreur)}$$

c'est-à-dire 199 mm² à 10 % près.

Ajoutons encore que dans sa discussion, JEPSEN évoque les travaux de KNUDSEN en 1958 qui utilise des méthodes analogues pour connaître l'aire des ventricules cérébraux.

Celui-ci, une fois l'image agrandie par 5 sur le papier millimétré, préférerait la méthode des pesées après découpage de l'aire sur le papier millimétré (méthode bien connue en physique) à celle du calcul par le planimètre.

L'auteur termine en précisant que cette méthode lui semble plus longue et qu'il n'a malheureusement pas encore pu transposer son expérimentation, in vitro, dans le domaine clinique.

Nous nous sommes longuement étendus sur les travaux de ces auteurs. JEPSEN en particulier nous semble faire la synthèse de ce qui a été écrit sur ce sujet à notre connaissance.

Les deux tableaux synoptiques ci-dessous résument les mesures effectuées par les différents auteurs cités.

En mm²

SUPERIEURES	1	2	3	4	5	6	7
BROWN 1950 Chiffres extrêmes sur 9 dents étudiées	228 à 160						
BOYD 1958	204,5	177,3	266,5	219,7	216,7	454,8	416,9
MULLER 1959	250 à 330	180 à 260	250 à 600	180 à 380	180 à 380	700 à 1000	600 à 900
TYLMAN et TYLMAN 1962	139	112	204	149	140	335	272
JEPSEN 1963	204	179	273	234	220	433	431
DECELLE 1960- 1961 calcul mathématique analogie au cône et au cylindre selon Atlas de BLATTER	122	97	146	225	126	357	278
de MARGUERITTE	118	88	154	181	134	364	292
de MARSEILLIER	124	104	165	122	132	402	316
Selon radios	141	118	146	169	103	325	286
selon moulages de dents naturelles	144	113	200	149	141	414	396

En mm²

INFERIEURES	1	2	3	4	5	6	7
BROWN 1950	N é a n t						
BOYD 1958	162,2	174,8	272,2	196,9	204,3	450,3	399,7
MULLER 1959	180 à 260	180 à 260	250 à 600	180 à 380	180 à 380	550 à 850	500 à 780
TYLMAN et TYLMAN 1962	103	124	159	130	135	352	282
JEPSEN 1963	154	168	268	180	207	431	426
DECELLE 1960- 1961 calcul mathéma- tique analogie au cône et au cylindre selon Atlas de BLATTER	69	80	136	90	111	264	264
de MARGUERITTE	73	77	121	104	110	313	291
de MARSEILLIER	85	102	150	135	140	260	216
selon radios	84	113	157	150	150	351	367
selon moulages de dents naturelles	132	113	170	177	174	396	282

De cette étude bibliographique nous pouvons tirer un certain nombre de conclusions.

- Pour le plus grand nombre, les auteurs cités, anatomistes, orthodontistes, parodontologistes, ne cherchent pas à connaître les aires des surfaces dentaires intraparodontales.
- Pour DECELLE, une analogie avec des solides connus lui permet une approche convenable et simplifiée de cette connaissance.
- DELIBEROS, en pathologiste, ne s'intéresse qu'aux aires parodontales suppurantes, mais innove quant à la méthode.
- Les cinq derniers auteurs cités proposent des méthodes intéressantes dont certaines sont très raffinées.

A la vérité l'ensemble de ces travaux ne nous a pas satisfait et nous avons recherché une analyse meilleure. Il nous a semblé que pour connaître l'aire de la surface intraparodontale des racines dentaires humaines et surtout leur variation en fonction de la hauteur insérée, il nous fallait employer une technique différente.

CHAPITRE II

MATERIEL ET METHODE

A - DIFFERENTES METHODES PERSONNELLES ENVISAGEES

Nous exposerons ici très rapidement ce que furent nos premiers "tâtonnements".

En 1961-62, nous reprenions les hypothèses de travail de DECELLE, en vue d'une communication que nous imaginions à l'époque très limitée.

Cf. DECELLE : "Action thérapeutique et réactions tissulaires" 1960 (29)

"Le problème de l'équilibre des forces" 1961 (30)
etc... cités plus haut.

Le but recherché était déjà le suivant : connaître la variation des différentes aires radiculaires en fonction de la hauteur insérée. Cette notion nous semblait fondamentale en parodontologie.

L'hypothèse formulée par DECELLE : "Analogie des racines des monoradiculées avec un cône, analogie des racines des multi-radiculées avec un cylindre", permettait évidemment une simplification considérable de ces mesures.

Nous basant sur les cotes énoncées dans le manuel de MARSEILLIER (hauteur radiculaire, diamètre VL et diamètre MD) nous entreprenions avec nos collaborateurs du service de parodontologie de l'E.D.P., Messieurs PHILIPPEAU, BROCHERE et BELCOURT les mesures suivantes, consignées dans le tableau ci-dessous.

Aire radiculaire totale.

Aire radiculaire avec diminution de $\frac{1}{3}$ de la hauteur totale à partir de la base du cylindre ou du cône (considéré comme le collet physiologique).

Aire radiculaire avec diminution de $\frac{2}{3}$ de la hauteur totale à partir de la base du cylindre ou du cône (comme ci-dessus).

	en mm ²						
MAXILLAIRE SUPERIEUR	1	2	3	4	5	6	7
Hauteur radiculaire totale	122	104	165	148	132	418	330
Hauteur aux $\frac{2}{3}$	54	46	74	65	59	278	220
Hauteur au $\frac{1}{3}$	13	11	18	16	15	139	110

	en mm ²						
MAXILLAIRE INFERIEUR	1	2	3	4	5	6	7
Hauteur radiculaire totale	87	108	150	129	142	371	338
Hauteur aux $\frac{2}{3}$	38	48	66	57	62	247	225
Hauteur au $\frac{1}{3}$	9	12	16	14	15	123	112

Nous fûmes amenés à faire immédiatement un certain nombre de remarques dont la première est qu'en utilisant une méthode de calcul différente de celle de DECELLE, nous obtenions

déjà des aires différentes en partant des mêmes bases (cotes de l'Atlas de MARSEILLIER).

Exemple : incisive centrale supérieure : DECELLE : 124 mm2
Nous : 122 mm2

Exemple : 1ère prémolaire inférieure : DECELLE : 135 mm2
Nous : 129 mm2

De plus, cette analogie décidée entre dents naturelles et surfaces géométriques, si elle avait l'avantage d'être schématique, ne pouvait pas, bien sûr, représenter la réalité.

Nous n'avions connaissance que de quelques-uns des travaux décrits dans notre étude bibliographique, et encore le plus souvent de façon fragmentaire.

Nous avons alors envisagé différentes méthodes que nous résumerons succinctement :

a) Brunissage d'une feuille d'étain sur la racine, puis pesée de la feuille. Si cette méthode ne donnait pas les aires réelles, elle permettait de connaître les variations en pourcentage de l'aire en fonction de la hauteur insérée, en ne brunissant la dite feuille d'étain ensuite que jusqu'au $\frac{1}{3}$ ou jusqu'aux $\frac{2}{3}$ de la hauteur de la racine. Les résultats trop variables et trop inconstants, du fait d'un écrasement de l'épaisseur de la feuille pendant le brunissage nous firent abandonner la méthode.

b) Comme MULLER l'avait fait avant nous, nous avons pensé calculer les volumes des racines en les enfouissant dans un volume de liquide connu et en mesurant après enfoncement le nouveau volume obtenu. La différence entre les deux mesures nous donnait avec exactitude le volume de la racine selon ses différentes hauteurs d'insertion sans pour autant nous faire connaître l'aire de la surface de la racine.

c) Une solution ingénieuse mais trop complexe nous fut proposée par l'Institut National Géographique (Saint-Mandé) - Service des plans en relief - qui nous avait ouvert les portes de son centre de recherches.

Il s'agissait de monter la racine à étudier sur un axe vertical tournant horizontalement et coulissant verticalement, les déplacements étant mesurables avec une grande précision.

Sur cette racine étaient tracés de mm en mm des méridiens et des parallèles. Une tige métallique très fine reliée à un comparateur à cadran solidaire du support de l'appareil, venait s'appuyer à chacune des intersections méridiens parallèles. Pour chaque parallèle on notait autant de mesures que de méridiens (voir fig. 3).

En dehors du coût élevé de l'appareillage à confectionner, la méthode n'était pas sans de graves inconvénients :

- 1/ Risque d'erreurs important dans le tracé des méridiens et des parallèles sur une si petite surface ;
- 2/ Nécessité de prise d'un nombre important de mesures (à chaque intersection parallèle méridien) ;
- 3/ Complexité des calculs qui ne pourraient être exécutés qu'à l'aide d'une programmation difficile sur ordinateur.

d) Une autre méthode nous fut suggérée par notre collaborateur BELCOURT. Argenter la racine de la dent à étudier et à l'aide d'une sorte de coiffe (en argent elle aussi), entourant la racine, créer un condensateur. On pouvait imaginer des coiffes de différentes hauteurs, à $\frac{2}{3}$, moitié, $\frac{1}{3}$. Mais le problème de l'isolant et du calage de la coiffe resta sans solution.

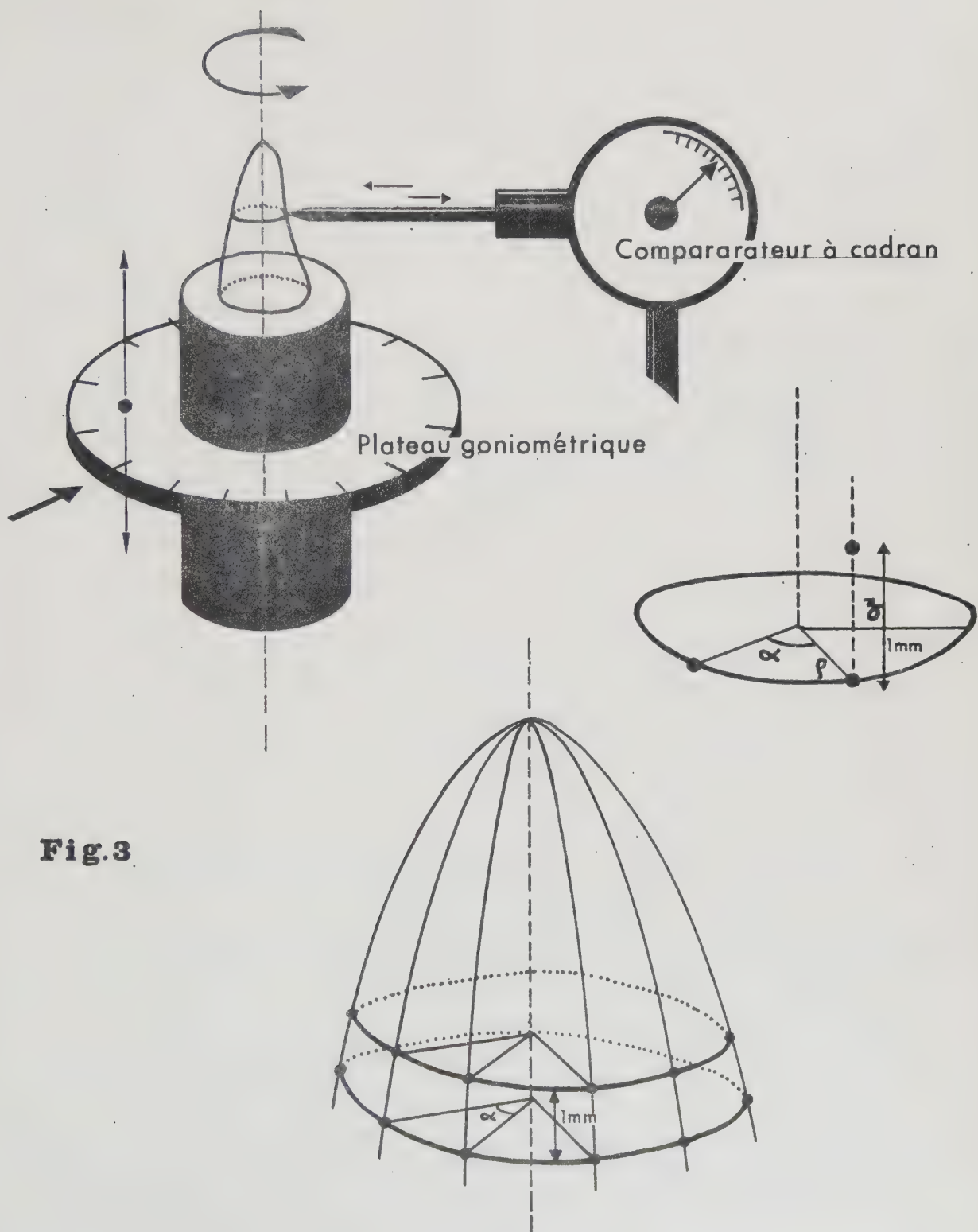


Fig.3

B - MESURE DE CAPACITE ET MESURE DE SURFACE

1. INTRODUCTION.

L'idée directrice de ce travail consiste à trouver une méthode différente de celles exposées ci-dessus dans l'espoir d'obtenir des résultats moins approximatifs et de mieux connaître ainsi la variation de l'aire de la surface radiculaire en fonction de la hauteur intra-parodontale insérée, sachant que la surface des armatures d'un condensateur intervient dans le calcul de la capacité qui le définit.

o

Nous avons créé un condensateur composé :

- 1°/ de la surface de la racine de la dent à étudier, soigneusement et finement argentée ;
- 2°/ d'un bain de mercure ;
- 3°/ d'un isolant très mince déposé sur toute la surface de l'argenteure radiculaire.

- Les deux "armatures" du condensateur, c'est-à-dire la surface argentée de la dent et le bain de mercure, sont reliées à un dispositif électronique permettant des mesures de capacité.

- Le support de la dent à étudier permet de faire varier la hauteur insérée dans le bain de mercure (il est créé ainsi un condensateur à surface variable).

Nous rappellerons d'abord quelques généralités théoriques sur les condensateurs et les mesures de capacité. Nous chercherons à savoir si ces données théoriques peuvent s'appliquer à la recherche qui nous intéresse.

Puis nous décrirons le choix des dents, l'appareillage, la méthode et les manipulations.

- Qu'il nous soit permis ici de remercier Monsieur KAST, Ingénieur de recherches au C.N.R.S., qui a bien voulu nous guider tout au long de ce travail. Il nous a longuement ouvert les portes de son laboratoire et il a orienté nos recherches ; il nous a permis d'utiliser un matériel parfaitement adapté. Il a été aussi avec nous d'une grande patience.

o

2. PRINCIPES THEORIQUES.

RAPPEL DE NOTIONS SUR LES CONDENSATEURS.

Lorsque deux corps conducteurs, sans contact, l'un entourant complètement l'autre, sont portés à des "potentiels" différents, leurs surfaces se couvrent de "charges électriques". L'ensemble des charges portées par la surface du corps (1) a même valeur absolue que l'ensemble des charges portées sur la surface du corps (2), les signes étant opposés. La valeur absolue commune Q est proportionnelle à la différence de potentiel V entre les "armatures" du condensateur ainsi formé. Le rapport constant $C = Q/V$ est appelé "capacité" du condensateur (voir fig. 4).

L'unité de capacité correspondant au coulomb et au volt est le "Farad". Les condensateurs usuels ont des capacités allant du microfarad ($10^{-6}F$) au picofarad ($10^{-12}F$).

La capacité ne dépend que de la configuration géométrique du système et de l'isolant qui les sépare.

Cette définition est encore valable pour des surfaces non fermées pourvu que la distance des armatures soit toujours petite devant les dimensions latérales. Ainsi deux plaques planes dont les dimensions transversales sont grandes vis à vis de leur distance constituent un condensateur dont la capacité est :

$$C = \frac{\epsilon \cdot S}{e}$$

S : surface des armatures ; e : distance ; ϵ : dépend du milieu isolant et des unités (voir fig. 5).

Fig.4

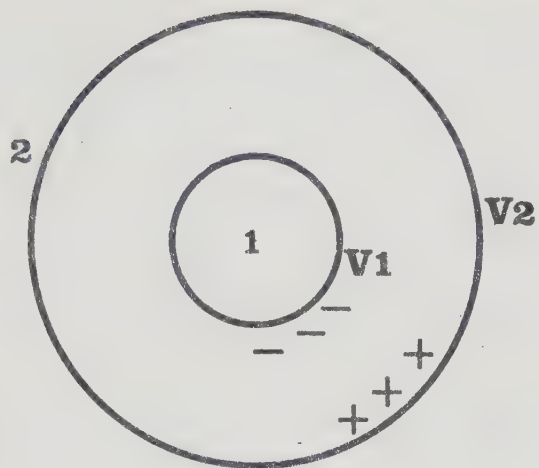


Fig.5

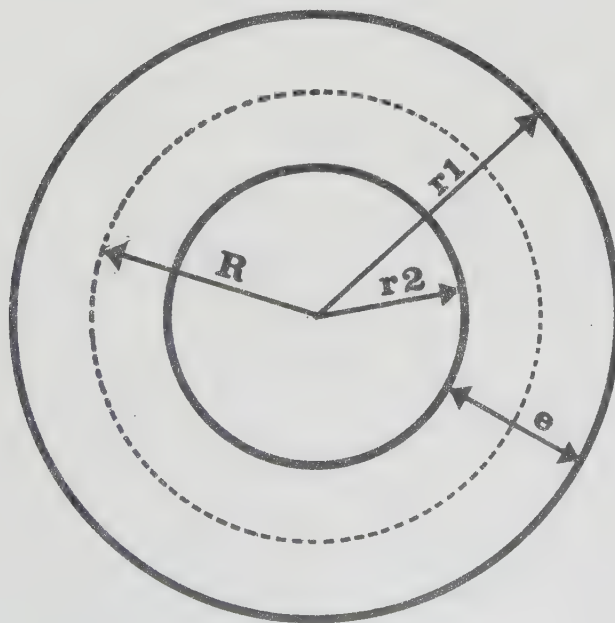


Fig.6

En effet, on obtient C en farads si S est en m^2 , e en m. avec pour le vide (et pratiquement pour l'air)

$$\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$$

Exemple : pour $S = 1 \text{ dm}^2 = 10^{-2} \text{ m}^2$, $e = 1 \text{ mm} = 10^{-3} \text{ m}$

$$C = \frac{8,85 \cdot 10^{-12} \times 10^{-2}}{10^{-3}} \approx 9 \cdot 10^{-11} \quad \text{ou } C = 90 \text{ pF.}$$

Si les armatures sont séparées par un isolant, la capacité est multipliée par un coefficient ϵ_r (constante diélectrique relative) qui varie de 1 à 5 pour les isolants courants (plexiglass 2,7) $\epsilon = \epsilon_0 \cdot \epsilon_r$

Exemple pour le plexiglass : $\epsilon = 8,85 \cdot 10^{-12} \cdot 2,7 \approx 240 \cdot 10^{-12}$

LA FORMULE DU CONDENSATEUR PLAN EST ENCORE APPLICABLE A UN CONDENSATEUR FORME DE DEUX SURFACES QUELCONQUES S'IL EST SUFFISAMMENT PETIT DEVANT LES AUTRES DIMENSIONS.

En effet, pour se faire une idée de l'erreur commise, considérons deux surfaces sphériques concentriques (voir fig. 6). La capacité est encore calculable, la formule rigoureuse étant :

$$C_1 = \frac{4 \pi \epsilon r_1 - r_2}{r_1 - r_2}$$

est le même coefficient que précédemment r_1 et r_2 les rayons des deux sphères. Pour comparer avec la formule du condensateur plan, posons : $e = r_1 - r_2$. Si R est le rayon moyen

$r_1 = R + \frac{e}{2}$, $r_2 = R - \frac{e}{2}$, la formule devient :

$$C^1 = \frac{4 \pi \epsilon \left(R + \frac{e}{2}\right) \left(R - \frac{e}{2}\right)}{e} \quad \text{ou } C_1 = \frac{4 \pi \epsilon \left(R^2 - \frac{e^2}{4}\right)}{e}$$

La surface moyenne est $S = 4 \pi R^2$. Si on calcule la capacité du condensateur sphérique par la formule $C = \frac{\epsilon \cdot S}{e}$, l'erreur absolue est :

$$\Delta C = C_1 - C = \frac{4\pi\epsilon(R^2 - \frac{e^2}{4})}{e} - \frac{\epsilon 4\pi R^2}{e} = \frac{4\pi\epsilon R^2}{e} - \frac{4\pi}{e} \frac{\epsilon e^2}{4} -$$

$$\frac{\epsilon}{e} 4\pi R^2 = \frac{4\pi\epsilon e}{4} = \pi\epsilon e$$

et l'erreur relative :

$$\frac{\Delta C}{C} = \frac{\pi\epsilon e}{\frac{\epsilon S}{e}} = \frac{\pi e^2}{S} = \frac{\pi e^2}{4\pi R^2} = \frac{e^2}{4R^2}$$

On voit que l'erreur relative sera inférieure à 1 % pourvu que $\frac{e^2}{4R^2} < \frac{1}{100}$ $e^2 < \frac{4R^2}{100}$ ou $e < \frac{2R}{10}$ soit $e < \frac{R}{5}$

Exemple : si $R = 1$ cm et $e = 1$ mm

$$\frac{e}{R} = \frac{1}{10} \quad \text{et} \quad \frac{\Delta C}{C} = \frac{1}{400} = 0,0025 \%$$

Nous avons insisté sur ce point car il pouvait paraître curieux d'utiliser la formule du condensateur plan pour des aires aussi compliquées que celle d'une racine. Comme nous venons de le démontrer, cette formule s'applique pourtant parfaitement à l'étude qui nous intéresse.

APPLICATION.

Inversement, si on mesure la capacité du condensateur constitué par deux surfaces métalliques quelconques séparées par un isolant mince d'épaisseur à peu près constante, on pourra en déduire l'aire (S) de ces surfaces si on connaît l'épaisseur (e) d'isolant et sa constante diélectrique ϵ_2 .

En effet si pour une surface donnée S^1 , $C^1 = \frac{\epsilon S^1}{e}$
pour une surface différente S^2

$$C^2 = \frac{\epsilon S^2}{e} \quad \text{ou} \quad \frac{C^1}{C^2} = \frac{S^1}{S^2}$$

La simple lecture des capacités peut donc en outre permettre de connaître la variation de la surface sans pour autant à chaque fois en calculer l'aire réelle. L'erreur sera du même ordre que celle qui vient d'être évaluée. Elle ne risque d'être importante qu'aux points où le rayon de courbure sera trop faible devant l'épaisseur d'isolant, autrement dit s'il y a des pointes trop auguës. Remarquons qu'en meulant ces pointes, on modifiera généralement très peu la surface totale. Au cours de l'expérimentation qui suit de tels meulages n'ont pas été exécutés.

Une autre erreur théorique, due à l'effet de bord est encore négligeable dans le cas qui nous intéresse. (Si les surfaces des armatures viennent à être très réduites par rapport à la distance qui les sépare et si elles sont constituées de surfaces telles que les bords en seraient importants et nombreux, les formules énoncées ci-dessus ne sont plus applicables. Un condensateur doit donc être constitué par des surfaces comportant le moins de bords possibles. Exemple : le condensateur sphérique ne comporte pas de bord. Le condensateur que nous envisageons ne connaîtra d'effet de bord qu'au niveau de la limite du bain de mercure, c'est-à-dire qu'il sera négligeable pendant la plus grande partie de l'expérience).

Dans l'application que nous avons en vue, des erreurs théoriques, comme celle que nous avons calculée ci-dessus (0,0025 % par exemple), seront considérées comme négligeables par rapport à celles qui se présentent dans la pratique.

3. CHOIX DES DENTS A ETUDIER.

Le choix des dents à étudier ne pouvait être laissé au hasard, une trop grande disparité dans les formes moyennes et dans les cotes pouvant exister dans des lots de dents choisies sans discernement.

Il nous a semblé plus sage et plus cohérent d'adopter arbitrairement un type de dent dont les cotes et la morphologie représentaient une moyenne unanimement acceptée actuellement. Nous pouvions choisir soit dans des collections personnelles, soit dans un travail statistique, soit dans un atlas. Nous avons adopté celui de MARSEILLIER (67), car nous en avons une grande pratique.

Ce choix a été arbitraire. Nous avons pensé aussi aux ouvrages de MARGUERITTE (66) et de TALLEC (125) qui eussent pu nous servir de base. L'essentiel était de respecter le choix des dents, conformes à l'Atlas choisi une fois pour toutes. Ceci nous simplifiait grandement le travail de standardisation.

Les dents utilisées au cours de cette étude correspondent donc toutes aux cotes, dimensions et aspects morphologiques des dents décrites dans cet Atlas. Monsieur DINEUR (Service d'Anatomie Dentaire à l'E.D.P.) nous aida grandement dans ce choix. Certaines dents sont des dents de Galalithe, sculptées par des étudiants et particulièrement réussies. Les problèmes de choix, de morphologie et de cotes ne se posaient plus alors.

Le lot que nous avons étudié se répartit ainsi :

Maxillaire supérieur	natu- relles	G 1	D 2	G ⁺ 3		D 6	D 7
	artifi- cielles			D 3	D 4	D 5	
Mandibule	natu- relles		g 2		d 4	g 5	g 6 g 7
	artifi- cielles	d 1		d 3			

+ Cette dent a servi à faire les toutes premières expériences et plusieurs autres par la suite.

Nous remercions aussi Madame VERCHERE (E.D.P.) et Monsieur STIEGLER (E.D.P.) qui nous ont beaucoup aidé dans la recherche des dents convenables.

4. LES DIFFERENTS ELEMENTS DE L'APPAREILLAGE.

Celui-ci comportera :

- L'argenture des dents et la fixation des connexions et du support
- L'isolation des dents ;
- Le bain de mercure et ses connexions ;

- d) Le trusquin support ;
- e) Le pont Marconi.

o

- a) L'argenture des dents et la fixation des connexions et du support.

L'argenture.

La réalisation de cette première armature du condensateur fut confiée à notre technicien prothésiste, Monsieur PICHELOT. Une mince couche d'argent fut déposée sur la racine par dépôt galvanique. La limite du collet anatomique avait été au préalable marquée au crayon et l'argenture put aisément la respecter.

On utilisa pour ce faire un appareillage classique du commerce, dit Bain de Kerr, habituellement destiné à la préparation des modèles de prothèse réalisés à partir d'empreintes aux élastomères de synthèse.

On obtint alors une argenture très fine et homogène de la surface de la racine de toutes les dents désignées ci-dessus.

L'apposition de la mince couche d'argent en question (1/100e au plus) ne fait pas varier de façon appréciable le volume, ni par conséquent l'aire latérale de la racine considérée.

Vérifiées au pied à coulisse, les cotes de la racine sont quasi-identiques à celles données par le manuel.

A titre indicatif, on peut calculer l'erreur due au dépôt d'une couche de 1/100 mm d'épaisseur sur l'aire latérale d'un cylindre.

Celle-ci s'écrira : $\Delta S = 2 \pi \Delta R h$

et l'erreur relative : $\frac{\Delta S}{S} = \frac{2 \pi \Delta R h}{2 \pi R h} = \frac{\Delta R}{R}$

soit pour un cylindre de 5 mm de rayon et sur lequel il aura été apposé une couche de 1/100 d'argenture : $\frac{\Delta R}{R} = \frac{1/100}{5} = 0,002$.

Une erreur de 2 pour 1000 dans les recherches qui nous intéressent sera considérée comme négligeable.

La fixation des connexions et du support.

Enfin, il est soudé à l'argenture, au niveau du collet de la dent, un mince fil conducteur (3/100 de mm de diamètre) recouvert d'une gaine isolante.

De plus, dans chacune des dents, il sera percé un trou assez profond, en plein milieu de la face trituration ou du bord libre et une tige filetée (diamètre 1,8 mm) y sera scellée avec une colle du commerce, de façon à ce que cette tige soit dans le prolongement du grand axe, ou axe principal de la dent.

Le filetage aura pour seule utilité d'assurer une meilleure rétention de la tige dans la cavité où elle sera scellée.

Celle-ci est alors prête à recevoir son revêtement isolant (voir fig. 7, 8 et 9).

b) L'isolation des dents.

On recouvre la dent métallisée d'une couche isolante très mince en la trempant dans du plexiglass dissous dans l'acétone par exemple ou dans du vernis mica du commerce. La constante diélectrique de ces produits est parfaitement connue (exemple : plexiglass dissous : constante diélectrique = 2,7). Cette couche doit être aussi mince que possible pour des raisons déjà dites et aussi pour avoir une capacité aussi élevée que possible, donc plus facile à mesurer sans qu'elle soit perturbée par la capacité des supports, fils, etc...

On ne peut cependant pas rendre cette couche trop mince car on risque alors des manques en quelques points qui mettraient en contact les "deux armatures".

En appliquant la formule de la capacité $C = \frac{\epsilon_o \cdot \epsilon_r \cdot S}{e}$, on s'aperçoit que, si l'on a apposé une couche de 30 microns d'épaisseur de plexiglass liquide de constante diélectrique 2,7 pour une surface de 3 cm², $C = 240$ picofarads, ce qui est une capacité d'un ordre de grandeur parfaitement mesurable.

Contrôle de l'épaisseur de la couche isolante.

L'épaisseur de l'isolant est mesurée au microscope par la méthode classique ; on pointe la surface métallisée puis la surface de l'isolant et on mesure l'épaisseur de l'isolant par le déplacement de la vis micrométrique (microscope NACHET - Binoculaire - Gross : x 50).

Les pointés sont facilités en déposant un colorant sur la face métallisée avant l'enrobage d'isolant. Les pointés sont faits en plusieurs endroits pour vérifier la constance de l'épaisseur.

L'essai a donné 0,03 mm à moins de 10 % près. Cette erreur relative influera sur le résultat des mesures dans une proportion identique et parfaitement acceptable. En effet, si l'on applique la formule : $S = \frac{e}{240} \times C$, C étant mesuré de façon rigoureuse (grâce à l'appareillage décrit plus loin), l'erreur relative s'écrit alors : $\frac{\Delta S}{S} = \frac{\Delta e}{e}$, c'est-à-dire moins de 10 %.

Pour obtenir une couche uniforme il vaut mieux employer une solution très diluée et recommencer plusieurs fois l'opération en attendant que chaque couche soit parfaitement sèche avant d'appliquer la suivante. Il faut également éviter l'accumulation de la solution vers le bas ou en un point quelconque de la surface radicaire. C'est un tour de main qu'il nous a fallu acquérir.

c) Le bain de mercure et ses connexions.

Le choix de cette deuxième armature est due à Monsieur KAST qui en a eu l'ingénieuse idée. Comme nous l'avons déjà dit toute autre sorte d'armature s'était montrée inutilisable.

De plus, cette deuxième armature a le mérite d'une extrême simplicité. Dans un petit récipient en verre (un verre à boire en l'occurrence), on verse quelques 10 à 20 cm³ de mercure. Une plaquette métallique (acier inoxydable dans le cas présent) façonnée en forme de U, trempe dans le bain par une de ses branches et un fil identique à celui utilisé pour mettre la dent en contact avec l'appareil de mesure est soudé à l'autre branche, extérieure au verre.

Il sera au demeurant recommandé d'utiliser un récipient assez évasé, ou plus large que haut de façon à éloigner au maximum la plaque métallique de la racine, objet de la mesure ; ceci afin d'éliminer le plus possible la création de capacités parasites et gênantes dans nos mesures.

Enfin précisons, comme l'indique la formule $C = \frac{\epsilon_o \cdot \epsilon_r \cdot S}{e}$ que la nature, la qualité et la composition des deux armatures conductrices n'interviennent pas. Seule leur surface entre en ligne de compte.

d) Le trusquin support.

Sur une table on dispose d'un trusquin comportant un vernier de précision. La dent à étudier est fixée grâce à un système à vis de calage par la tige décrite ci-dessus à la partie mobile du trusquin. On la dispose au-dessus du bain de mercure. Pour faire varier la racine à étudier en hauteur, on n'aura donc plus à se servir que de la vis de commande de la graduation millimétrique, une fois que les différents éléments auront été installés convenablement.

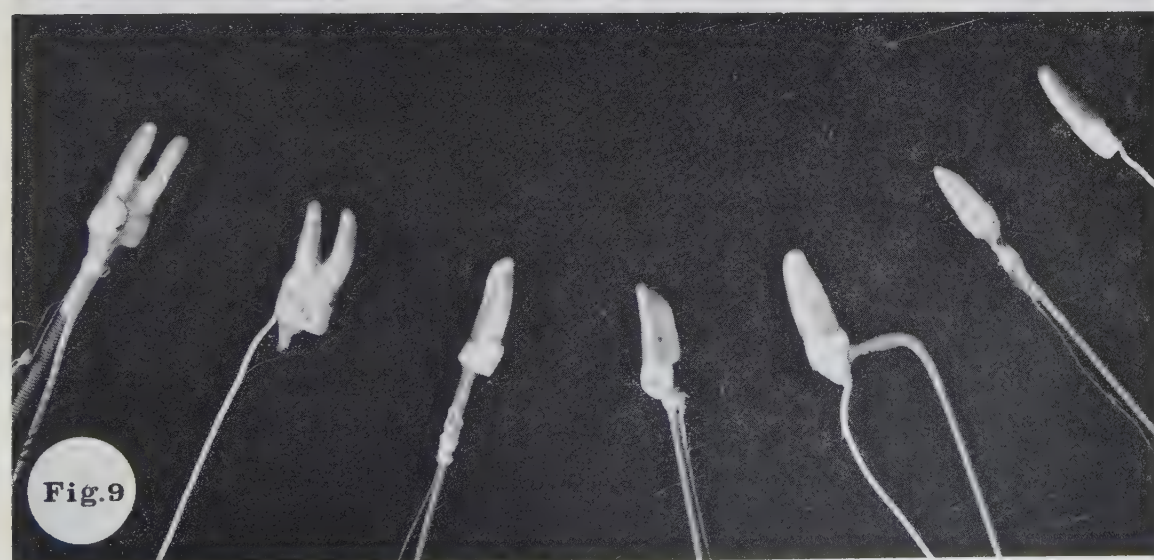
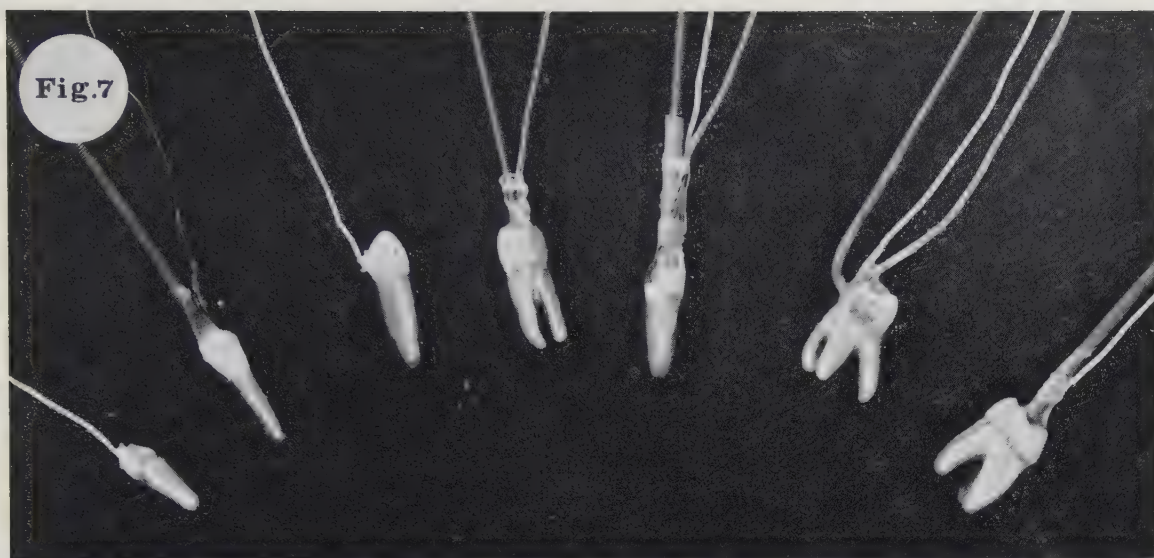
Pour plus de sécurité et par crainte de faux contacts, la tige métallique, scellée dans la dent dont on étudie la racine, est recouverte d'une gaine protectrice plastique sur une hauteur de 3 cm à 5 cm.

e) Le pont Marconi.

Cet appareil de mesure de capacité, du commerce, d'origine anglaise est du type : Universal Bridge Marconi Type 2701 "in situ".

Il se présente comme une boîte parallélépipédique de 60 cm de long, 40 cm de large et 30 cm de haut. C'est un appareil électronique complexe alimenté par piles permettant entre autres des mesures comprises entre 1 picofarad et 1 microfarad. Il est relié par un de ses pôles au fil issu de la racine argentée et par l'autre à celui issu de la pièce d'acier inoxydable qui émerge du mercure.

Un dispositif particulier à cet appareil, d'où son nom "in situ" permet de mesurer la capacité d'un condensateur sans pour autant l'isoler de l'ensemble auquel il appartient. Il



suffit pour ce faire de fixer deux pinces, reliées chacune par un câble conducteur au pont Marconi, sur les appareillages ou montages que l'on ne veut pas voir intervenir dans la mesure. C'est ainsi que dans le cas qui nous intéresse, ces deux pinces seront fixées sur la tige support de la dent calée sur la pièce mobile du trusquin.

Ainsi seront éliminées les erreurs de mesure de capacité imputables à l'ensemble des pièces métalliques constituant le support, et en particulier à la portion de tige filetée fixée à la colle dans la couronne de la dent à étudier.

Une grande simplification est ainsi apportée dans le montage.

La mesure de la capacité consistera en un réglage très simple : rechercher en manipulant un bouton molleté le minimum de déviation sur le micro-ampèremètre de sortie de l'appareil.

On lit alors en picofarads, directement sur un voyant, la capacité (voir fig. 10).

5. METHODE ET MANIPULATION.

Il a été procédé à cinq groupes principaux de manipulations ou de séries de manipulations.

a/ Mesure de l'aire de la surface d'une racine de canine supérieure gauche.

b/ Vérification de l'exactitude de la méthode par capacité comparaison avec un corps de surface connue.

c/ Mesure de tout ou partie de l'aire d'une surface de racine de canine supérieure gauche par comparaison avec une surface étalonnée.

d/ Mesure de la variation de l'aire de la surface de différentes racines en fonction de la hauteur insérée.

e/ Mesures permettant la construction systématique pour les racines des 14 dents humaines considérées, des courbes de la variation.

$$\frac{\text{Surface insérée}}{\text{Surface totale}} \text{ représentée par } \frac{\text{Capacité selon surface insérée}}{\text{Capacité selon surface totale}}$$

en fonction de $\frac{\text{hauteur insérée}}{\text{hauteur totale}}$.

a/ Mesure de l'aire de la surface d'une racine de canine supérieure gauche.

Il s'agit de la toute première expérimentation. Nous avons choisi G 3 (naturelle, marquée d'une astérisque dans le tableau du lot des dents étudiées, chap. II, B, 3°).

Le dispositif ci-dessus décrit est convenablement installé et les branchements correctement exécutés, tous les risques de création de capacités parasites et de faux contacts ayant été éliminés.

La méthode consiste à faire varier la hauteur de la racine argentée et isolée dans le bain de mercure.

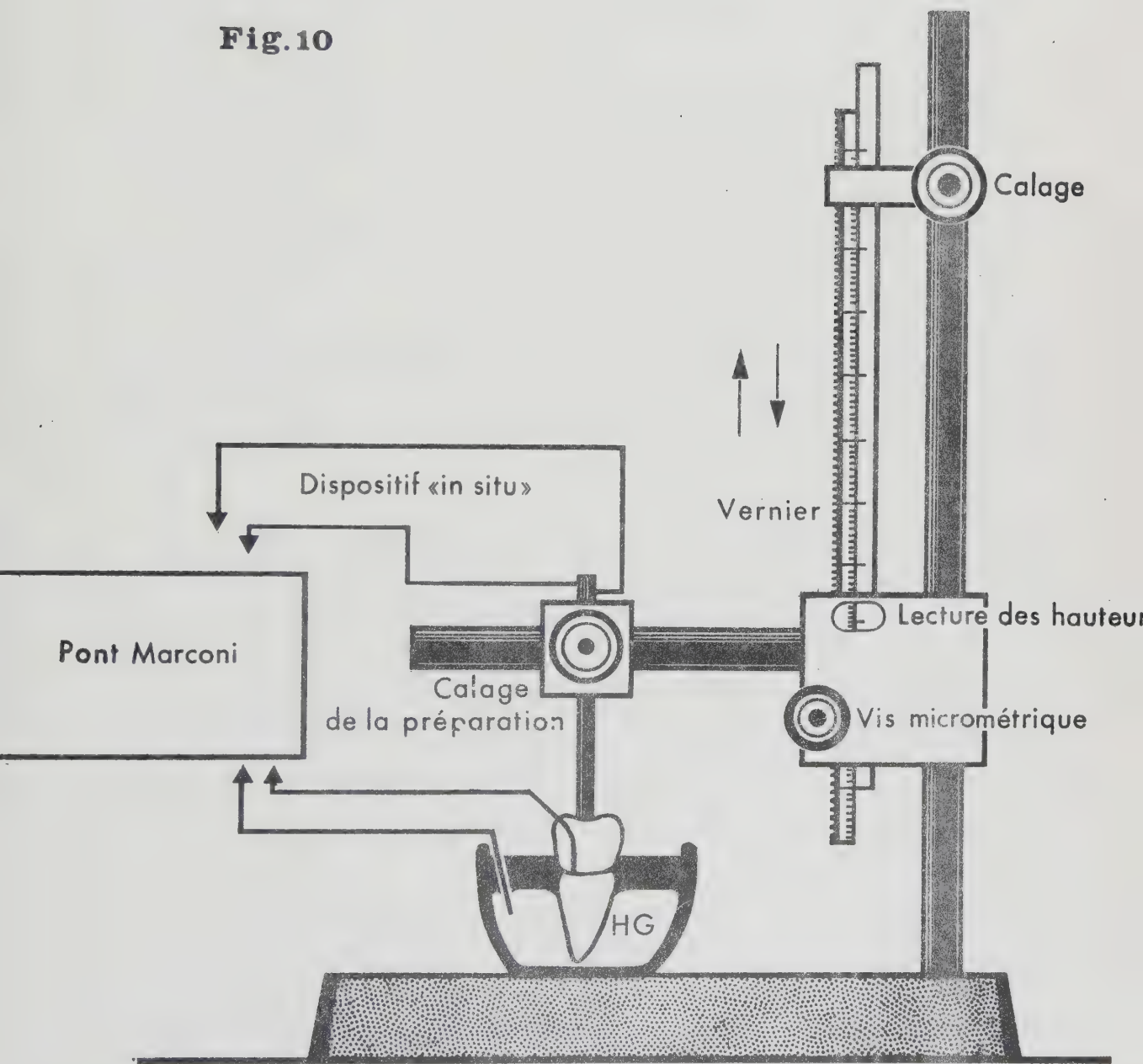
Au début de l'expérience la dent ne touche pas la surface liquide du mercure. Si celle-ci est suffisamment éloignée, il n'est créé aucune capacité. Mais on observe qu'une lecture de capacité peut se faire bien avant que la dent ne touche effectivement la surface du mercure. La première mesure notée sera celle qui correspond au premier contact de l'apex.

L'image de l'apex de la racine dans le bain nous aidera à préciser ce point qu'il n'est pas toujours facile d'apprécier aussi exactement qu'on pourrait le croire. Au demeurant, avec un peu d'entraînement, l'erreur d'appréciation dans cette manipulation initiale est inférieure à 1/2 mm (approximation satisfaisante).

L'existence de cette capacité créée avant le contact apex-mercure pourrait paraître gênante. Elle le serait en effet si l'on cherchait à mesurer réellement des surfaces très petites dans le voisinage immédiat de l'apex. Or, ce n'est pas l'objet de notre travail.

Ce résidu de quelques picofarads n'entrera plus en ligne de compte lorsqu'on pratiquera des mesures sur tout ou partie de la racine au-delà du 1/4 apical de sa hauteur.

Fig.10



On reprend alors l'expérimentation et l'on abaisse l'ensemble de la hauteur h de la racine dans le bain de mercure. Cette hauteur peut se lire de $1/2$ mm en $1/2$ mm sur le vernier du trusquin, et le plus souvent de un mm en un mm. A chaque fois on note la capacité, par lecture directe sur le voyant du pont Marconi.

Théoriquement la détermination de la hauteur h devrait se faire avec une très grande précision (celle du trusquin, de ses vis micrométriques et du vernier), mais cette précision est rendue illusoire par l'existence d'un ménisque très important.

On appelle ménisque, en physique, une surface ou un solide qui présente une courbure concave ou convexe (Quillet) (voir fig. 11).

Dans le cas présent le ménisque peut avoir d'ailleurs alternativement deux aspects : concavité et convexité, selon le mouvement que l'on donne à la racine ; entrée dans le bain de mercure = ménisque concave. Sortie du bain de mercure = ménisque convexe.

Pour une hauteur fixe on ne trouve pas la même capacité d'une mesure à l'autre, la capacité mesurée dépendant en réalité de la hauteur h' (que l'on pourrait d'ailleurs songer à évaluer pour un bain de mercure donné) mais aussi des portions de surfaces en regard des niveaux h et h' .

La hauteur du ménisque dépend en outre des états de surfaces (isolant, mercure), du type de déplacement (nous l'avons dit plus haut) et enfin du facteur temps. En effet, elle s'atténue considérablement quand la dent reste fixe.

C'est là la plus grande indétermination de la mesure et on ne peut obtenir de meilleure approximation que de 10 %.

Le remplacement du mercure par des solutions salines a donné de plus mauvais résultats encore.

On peut corriger ces erreurs de mesure dues au ménisque pour l'étude des aires des surfaces réelles en prenant la moyenne des déterminations faites en enfonçant la dent puis en la ressortant.

Reprenons l'expérience. Au fur et à mesure que la racine s'enfonce dans le bain de mercure, on note sur un tableau à deux colonnes en regard les unes des autres :

1°/ les hauteurs

2°/ les capacités.

Pour une dent moyenne on procède à 10 mesures de hauteur environ.

On arrête l'expérience lorsque la surface métallisée est complètement immergée. Puisque l'on fait la mesure en enfonçant la racine, le ménisque est en creux. Le choix de la dernière mesure précise à retenir est là encore difficile.

En effet, même lorsque la couronne commence à être immergée, les capacités continuent à augmenter encore, faiblement il est vrai, et il faut avoir dépassé sensiblement le collet anatomique donc la limite de l'argenture, pour voir se stabiliser à une valeur fixe la capacité C (en picofarads).

Compte rendu expérimental.

Les conditions de l'expérience étaient après argenture et vernissage :

Dent : G 3 ; hauteur totale : 26,5 mm ; hauteur racine : 16 mm ; diamètre M.D. au collet : 5,2 mm.

$$e \approx 0,03 \text{ mm}$$

$$\epsilon_r \text{ (plexiglass dissous à l'acétone) } = 2,7 \text{ donc}$$

$$\epsilon = (8,85 \times 2,7) = 240$$

$$e \text{ est en } 1/100 \text{ mm}$$

$$C \text{ en pico-farad}$$

$$S \text{ en cm}^2$$

La surface sera calculée en appliquant la formule :

$$S = \frac{e \cdot C}{240}$$

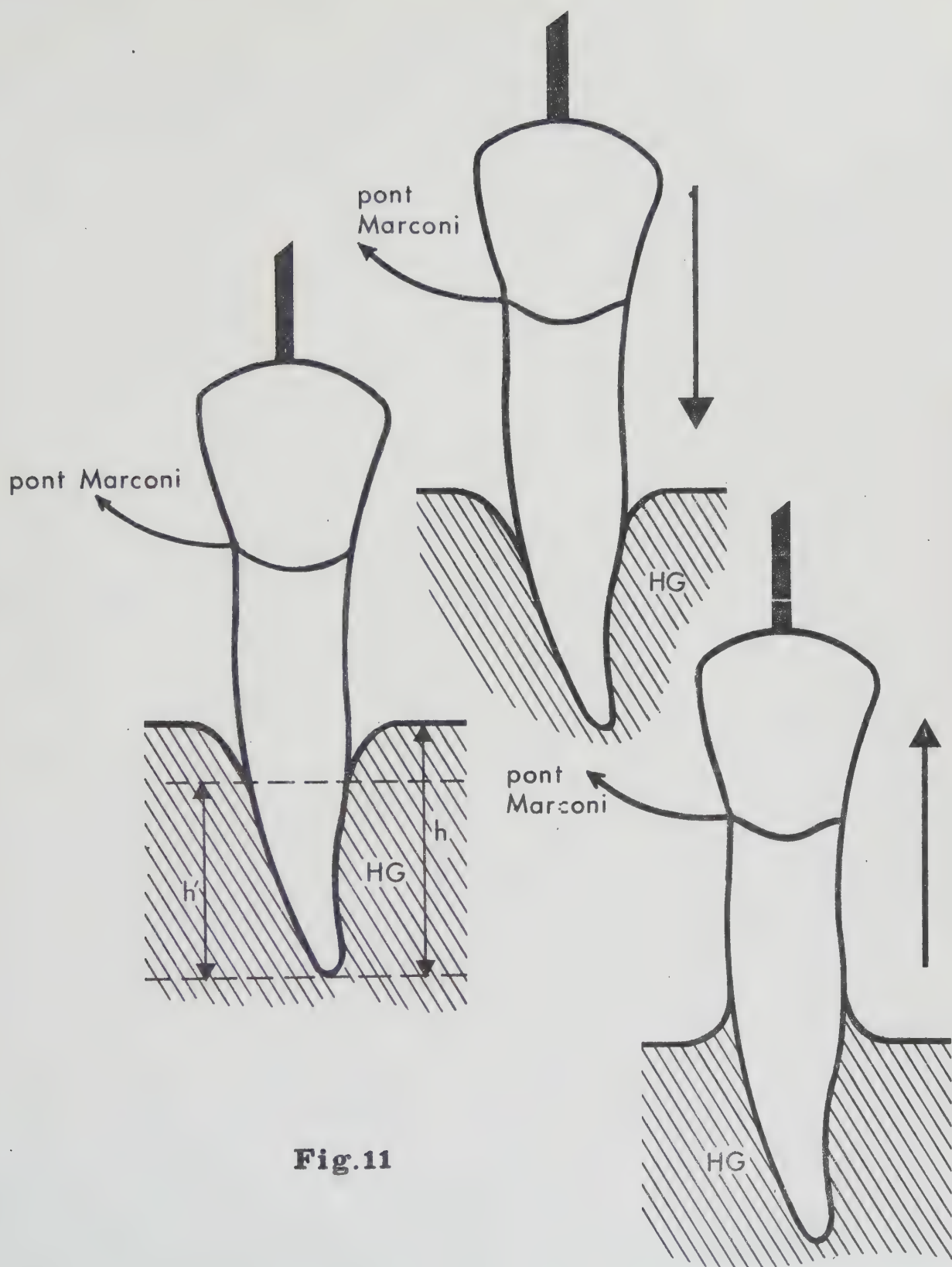


Fig.11

$S_{en} \text{ cm}^2$

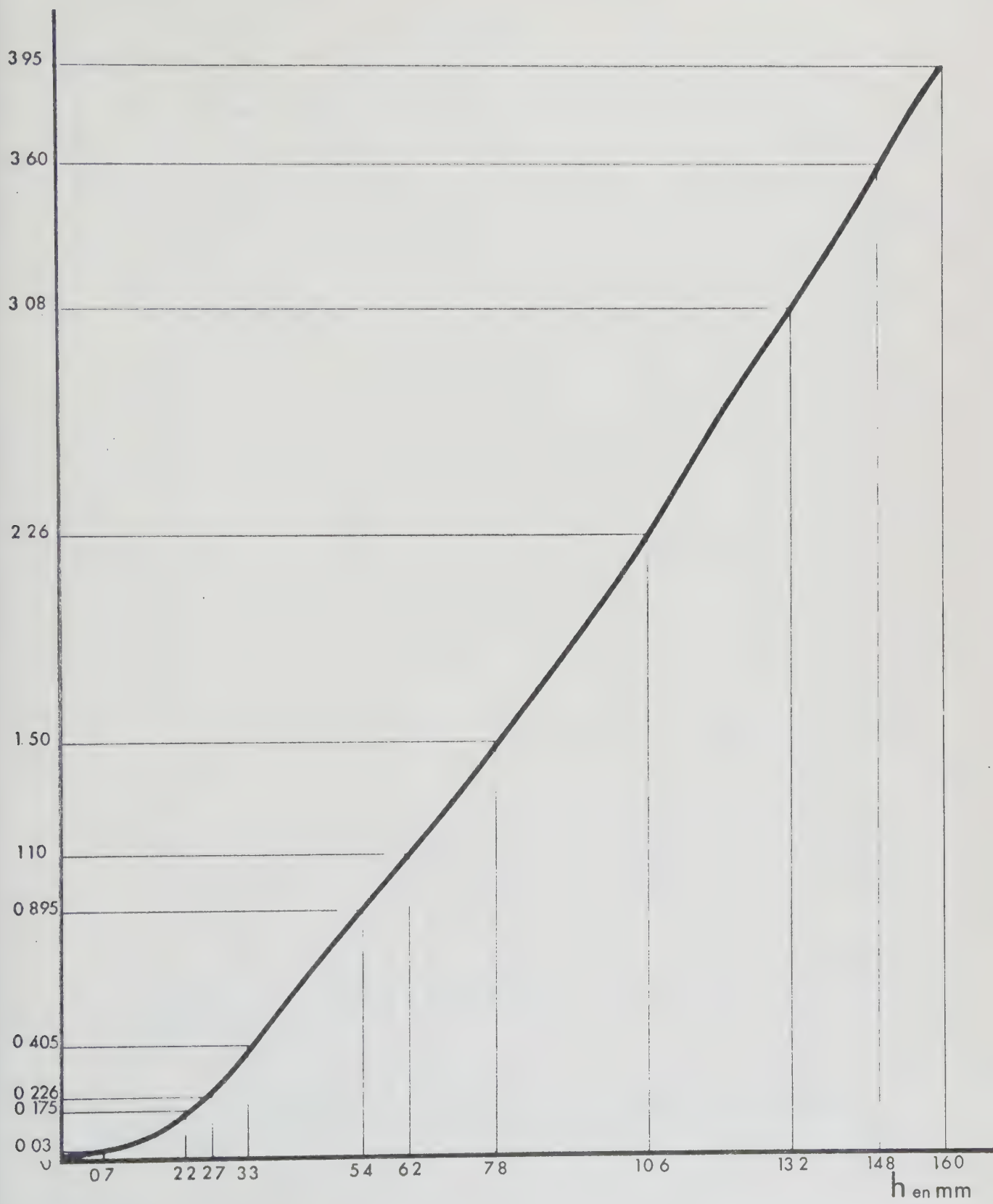


Fig.12

h (Notations sur le vernier du trusquin)		C (P.F.)	S (cm ²)
0,7	0 -	0,7	0
	0 +	1,3	
2,2		14	0,175
2,7		18,1	0,226
3,3		32,4	0,405
5,4		71,6	0,895
6,2		87,6	1,10
7,8		120	1,50
10,6		183	2,26
13,2		246	3,08
14,8		287	3,60
16,0		315	3,95

On observera que dans cette première expérience, il n'a pas été possible de définir à 7/10 de mm près, l'introduction de l'apex dans le bain. Le résidu variant entre 0,7 et 1,3 pico-farads peut être considéré comme négligeable par rapport à l'ensemble des autres mesures retenues.

Lors de cette expérience on n'a pas poussé non plus les mesures au delà de 16 mm. La limite de l'argenture radiculaire au collet n'était plus visible dans le bain (au fond de la concavité du ménisque).

Les résultats de cette première expérimentation ont permis la construction de la courbe ci-dessous (voir fig. 12).

b) Vérification de l'exactitude de la méthode par capacité-comparaison avec un corps de surface connue.

L'examen de cette courbe montre une variation assez simple. La courbe est constituée dans sa plus grande partie par une droite. C'est également une droite qui représenterait la variation de surface d'un cylindre circulaire droit dont on fait varier la hauteur x . Mais pour un cylindre la droite passe par l'origine (pour $x = 0$, $S = 0$). Pour la dent, la droite ne passe pas par l'origine et elle est limitée au point de coordonnées $X = 3 \text{ mm}$, $y = 20 \text{ mm}^2$. Elle est raccordée à l'origine par un arc de courbe, assimilable à un arc de parabole, d'équation $y = ax^2$, ce qui caractérise la surface latérale d'un cône de hauteur x . La canine étudiée est donc équivalente, pour la surface latérale, à un corps de révolution composé d'un cône de hauteur 3 mm surmonté d'un cylindre de même axe ayant pour hauteur 16 mm et pour rayon, le rayon terminal du cône, $R = 3,4 \text{ mm}$ (voir fig. 13).

Si la méthode employée est correcte et le résultat exact en appliquant la même méthode à un corps artificiel ainsi constitué, on doit trouver la même courbe et d'ailleurs retrouver la surface connue du corps, ce qui a été vérifié (cette vérification pouvait être faite avec n'importe quel corps de surface connue mais il est préférable d'employer un corps de forme voisine et de surface comparable à celle de la dent).

On a reporté sur le même graphique :

- la courbe obtenue en faisant varier la hauteur d'insertion dans le bain de mercure du corps tourné (isolation vernis mica 3 couches) ;
- la courbe obtenue de la même façon mais avec isolation du corps tourné par vernis mica 4 couches ;
- la courbe obtenue à la suite de l'expérience précédente.
G 3 enduite de plexiglass liquide (3 couches) (voir fig. 14).

On ne peut pas ne pas être frappé par l'aspect apparemment contradictoire du corps tourné et de la racine de la dent à étudier. La parfaite identité des courbes est pourtant le gage de l'exactitude de la réalisation du corps tourné.

Ce paradoxe s'explique par le fait que l'aire de la surface radiculaire est celle d'un solide de forme non géométrique.

Au contraire, le corps tourné concrétise une aire de surface identique par un solide de forme géométrique connue. "Les pleins et les creux", en quelque sorte ont été effacés au profit d'une conception moyenne qui donne du solide qu'est une racine dentaire humaine, une expression géométrique réelle.

La confection de ce corps tourné nous a ouvert d'autres possibilités. Nous nous en sommes servis pour déterminer l'aire de la surface radiculaire par comparaison avec celle du corps de surface connue. On évite ainsi la mesure de l'épaisseur d'isolant et la connaissance de sa constante diélectrique. Observons que si la couche d'isolant n'est pas d'épaisseur rigoureusement uniforme et que si le corps de comparaison a une forme voisine de celle de la dent, il y a toutes chances pour que la répartition d'isolant se fasse de la même façon sur les deux surfaces (ce qui diminuera l'influence de cette cause d'erreur). Cette façon de déterminer la surface de la dent repose sur la proportionnalité des surfaces et des capacités : soit en effet une surface métallique connue S recouverte d'un isolant d'épaisseur et de constante diélectrique ϵ . Nous avons vu que sa capacité vis à vis de l'armature externe (mercure) est :

$$C = K \frac{\epsilon \cdot S}{e} \quad K \text{ ne dépendant que des unités.}$$

Si alors une surface inconnue S' est recouverte du même isolant, de même épaisseur et de même nature, sa capacité s'écrit :

$$C' = K \frac{\epsilon \cdot S'}{e} \quad \text{d'où} \quad \frac{C'}{C} = \frac{S'}{S}$$

Connaissant S on en déduit S' pourvu que l'on mesure C et C'. C'est ce qui a été fait en traitant la dent et le corps tourné de façon aussi identique que possible. Dans ce cas, un vernis du commerce s'est révélé plus commode que le plexiglass dissous, la connaissance de la constante diélectrique n'étant plus nécessaire. La capacité de la dent et celle du corps tourné sont mesurées simultanément et reportées sur le même graphique, en fonction de la hauteur immergée. On devrait obtenir la même courbe. En réalité on obtient deux courbes voisines mais différentes. Le défaut d'identité tient surtout à la mauvaise définition de la hauteur et partiellement aussi à ce que les couches d'isolant ne sont pas rigoureusement identiques.

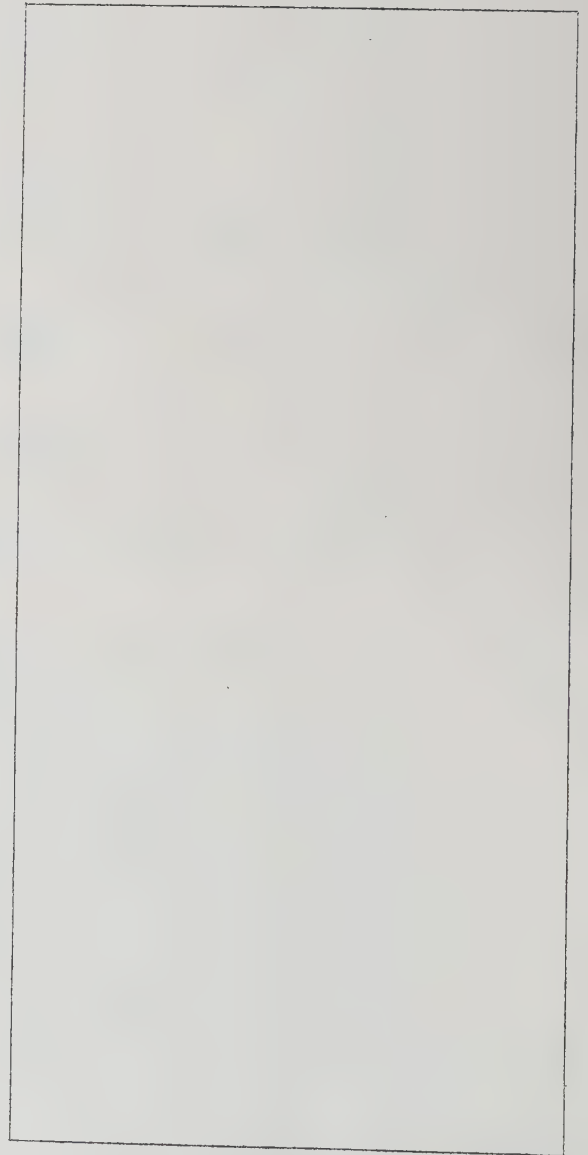
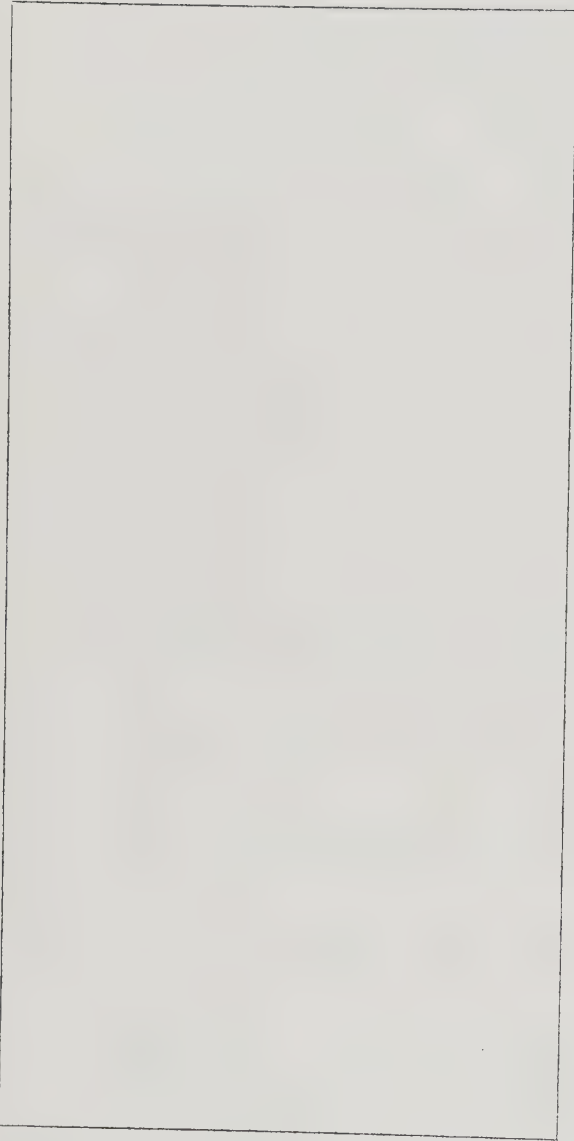
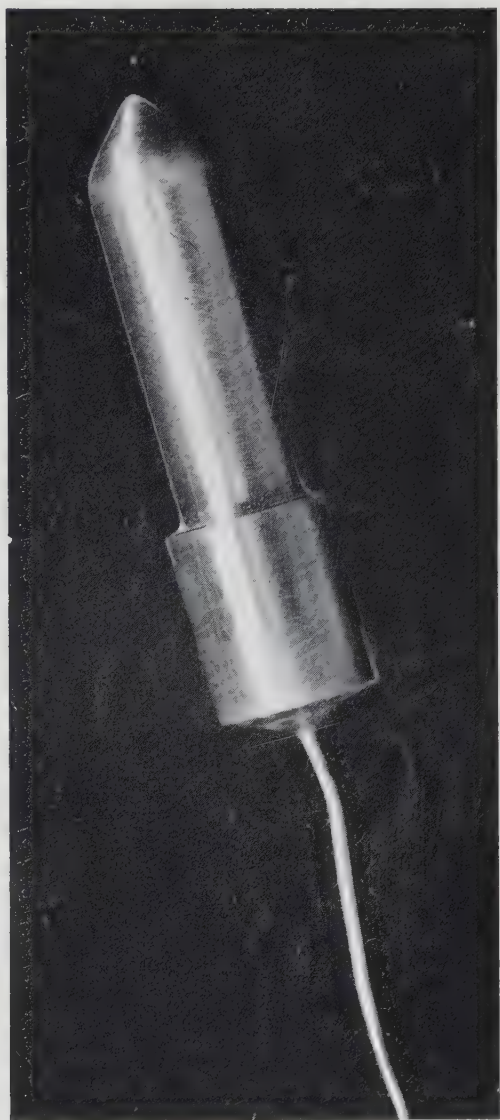


Fig. 13



On obtiendra une nouvelle détermination de l'aire de la surface radiculaire de la canine en fonction de la hauteur immergée dans le mercure en remplaçant le calcul précédemment indiqué par le procédé graphique suivant : sur un même graphique sont tracées les courbes de capacités mesurées en fonction de la hauteur, soit (C_1) pour le corps artificiel, (C_2) pour la dent. On gradue en outre l'axe des ordonnées en surface et avec cette graduation on trace la courbe représentant la variation de la surface S_1 (calculée) en fonction de la hauteur x .

Choisissant une hauteur $x = h$, on lit sur une même verticale la capacité C du corps et la surface correspondante S . Par C on mène une parallèle à l'axe des x qui rencontre (C_2) en un point A correspondant à la même capacité C et à une hauteur h' . On en conclut que pour la hauteur h' la dent a pour capacité C donc aussi pour surface S . On obtient aisément le point correspondant en terminant le rectangle ; d'où la courbe (S_2) représentant la surface de la dent en fonction de la hauteur immergée (voir fig. 15).

On compare la courbe ainsi obtenue à celle déjà construite par la première méthode. On constate que les deux méthodes sont équivalentes. En fait, cette identité nous montre surtout que les couches d'isolant sont bien réparties de façon à peu près uniforme. La comparaison entre les valeurs calculées et mesurées de la surface du corps artificiel démontre qu'il ne s'introduit pas d'erreur systématique importante.

Cette méthode a un but de contrôle indispensable. Elle n'a pu, ici, être employée à une détermination que parce que l'on disposait d'un corps de comparaison de forme voisine.

o

Au demeurant, c'est encore en utilisant la proportionnalité de la surface et de la capacité que seront faites les mesures suivantes.

c) Mesure de tout ou partie de l'aire de la surface d'une racine de canine supérieure gauche par comparaison avec une surface étalonnée.

Au cours de cette manipulation le dispositif décrit ci-dessus a été légèrement modifié. Sur la couronne de G 3 dont la racine avait été préalablement argentée, il a été collé un petit morceau de feuille d'étain de surface rigoureusement connue.

On a pris soin de le situer le plus loin possible de l'argenteure existante et son isolation a été très scrupuleusement contrôlée. Il lui a été soudé un fil de connexion indépendant de celui de l'argenteure. Il permet de relier cette surface étalonnée au pont Marconi, de façon indépendante (voir fig. 16).

Ensuite l'ensemble de la dent (racine argentée) et couronne supportant la feuille d'étain sont isolées au vernis habituel.

La méthode est la suivante :

Dans un premier temps, on relie au pont Marconi la connexion soudée au petit morceau de feuille d'étain. Comme nous l'avons dit plus haut la qualité chimique du composant de l'armature n'entrant pas en ligne de compte, mais seulement sa surface, on obtient, en trempant dans le bain de mercure la dent jusqu'à ce que la feuille d'étain soit entièrement recouverte, une capacité C_1 pour une surface connue S_1 de la feuille d'étain. Lecture en est faite sur le voyant du pont Marconi.

On note soigneusement cette valeur C_1 et on change de branchement. On relie alors la surface métallisée de la racine au pont Marconi. On peut lire en enfouissant tout ou partie de la racine métallisée dans le bain de mercure, une capacité C_2 correspondante.

On déduit par une simple règle de trois la surface en question. Par exemple : si $C_1 = 20$ picofarads pour une surface S_1 connue de la feuille d'étain de 25 mm^2 , pour $C_2 = 300$ picofarads, on pourra connaître :

$$S_2 = \frac{S_1 \times C_2}{C_1} = \frac{25 \times 300}{20} = 375 \text{ mm}^2$$

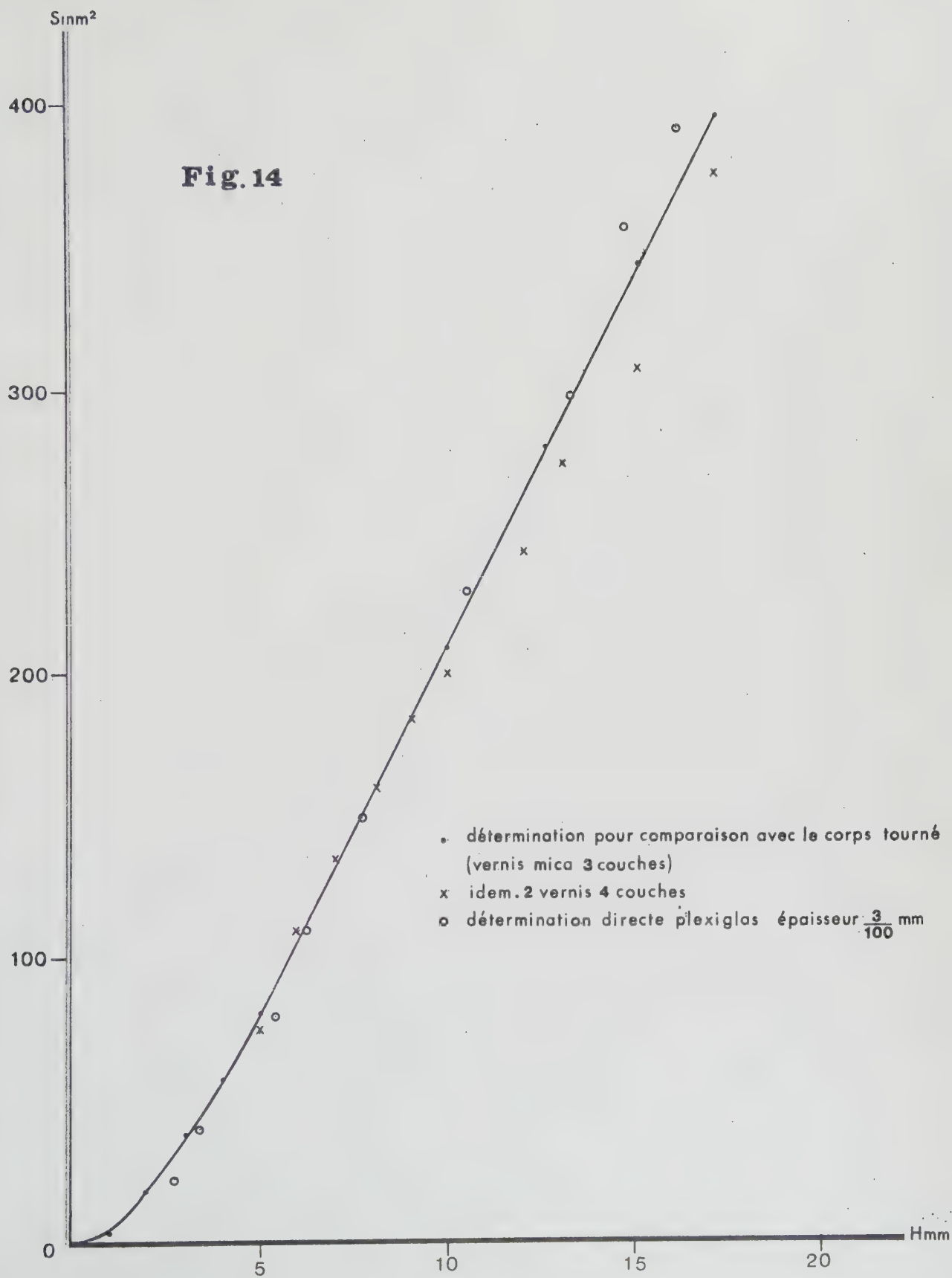
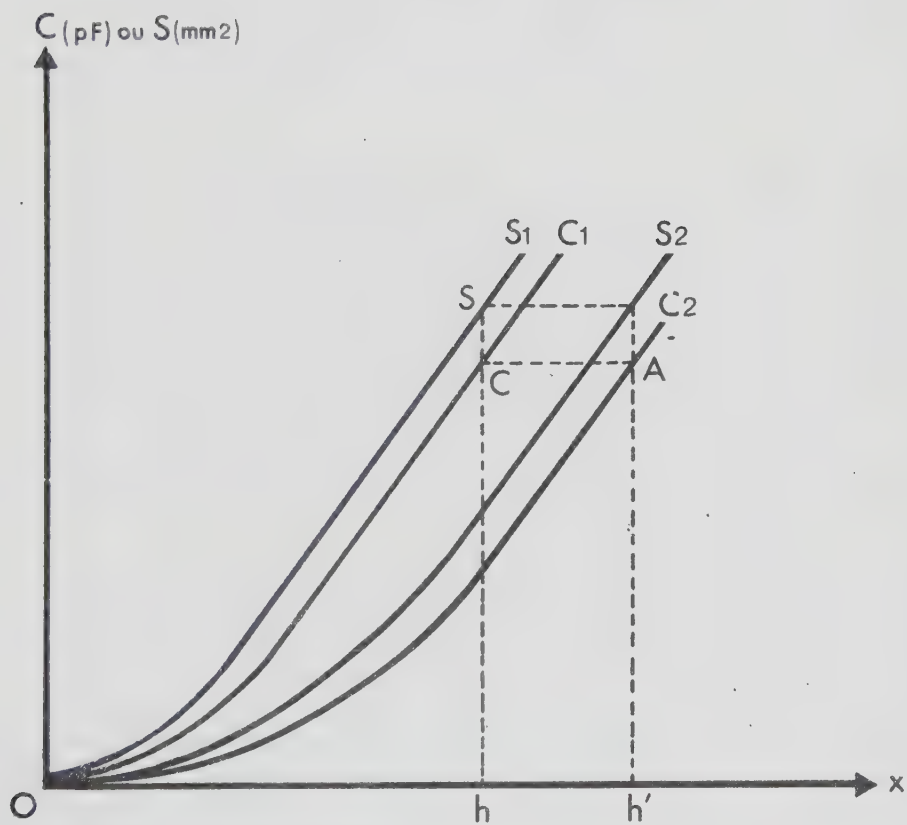


Fig.15 .



S_1 : aire module en cuivre

C_1 : capacité module en cuivre

C_2 : " " dent préparée

S_2 : aire dent préparée à déterminer

La méthode est séduisante de prime abord mais en réalité nous ne l'avons pas employée de façon constante pour les raisons suivantes.

D'abord les imprécisions dues aux effets de ménisque et au début de l'expérimentation demeurent. De plus la préparation de la dent avec ses deux montages de connexions électriques ainsi que la mesure de façon rigoureuse d'une très petite surface connue ajoutait des difficultés importantes et des sources d'erreurs supplémentaires.

Nous n'avons pourtant pas la sensation d'avoir tenté tout ce que cette méthode pourrait nous donner. Différents montages avec une surface plus vaste connue et étalonnée, sous isolation connue et d'épaisseur contrôlée, auraient peut-être pu être envisagées. Nous n'en avons pas eu les moyens. A l'aide d'éléments témoins fabriqués en série selon des normes rigoureuses (en particulier du point de vue isolation) on pourrait sans doute avoir des moyens aisés de calcul de surface.

Signalons en outre que l'approximation donnée par cette méthode est voisine de 10 %.

d) Mesure de variation de l'aire de la surface de différentes racines en fonction de la hauteur insérée.

Comme nous l'avons dit plus haut : "... c'est encore en utilisant la proportionnalité de la surface et de la capacité que seront faites les mesures...".

Donc, sur un papier millimétré, en portant en abscisse les hauteurs h , lues au vernier de la partie mobile du trusquin, et en ordonnées les capacités lues sur le voyant du pont Marconi, nous tracerons très rapidement une courbe de la variation de la capacité en fonction de la hauteur insérée.

La connaissance ni de la constante diélectrique ni de l'épaisseur du vernis isolant n'est plus utile. La courbe de toute dent préparée peut être établie très rapidement.

Prenons un exemple :

- Conditions de l'expérience :

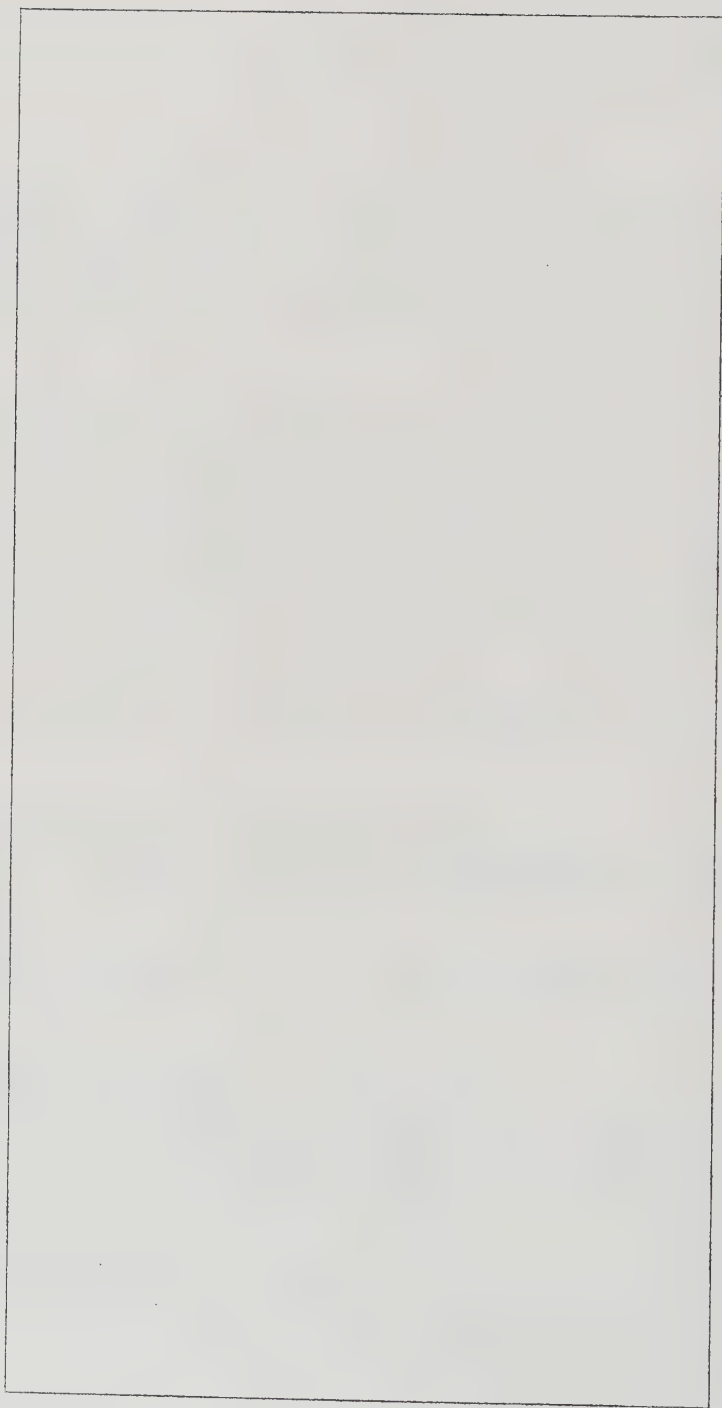
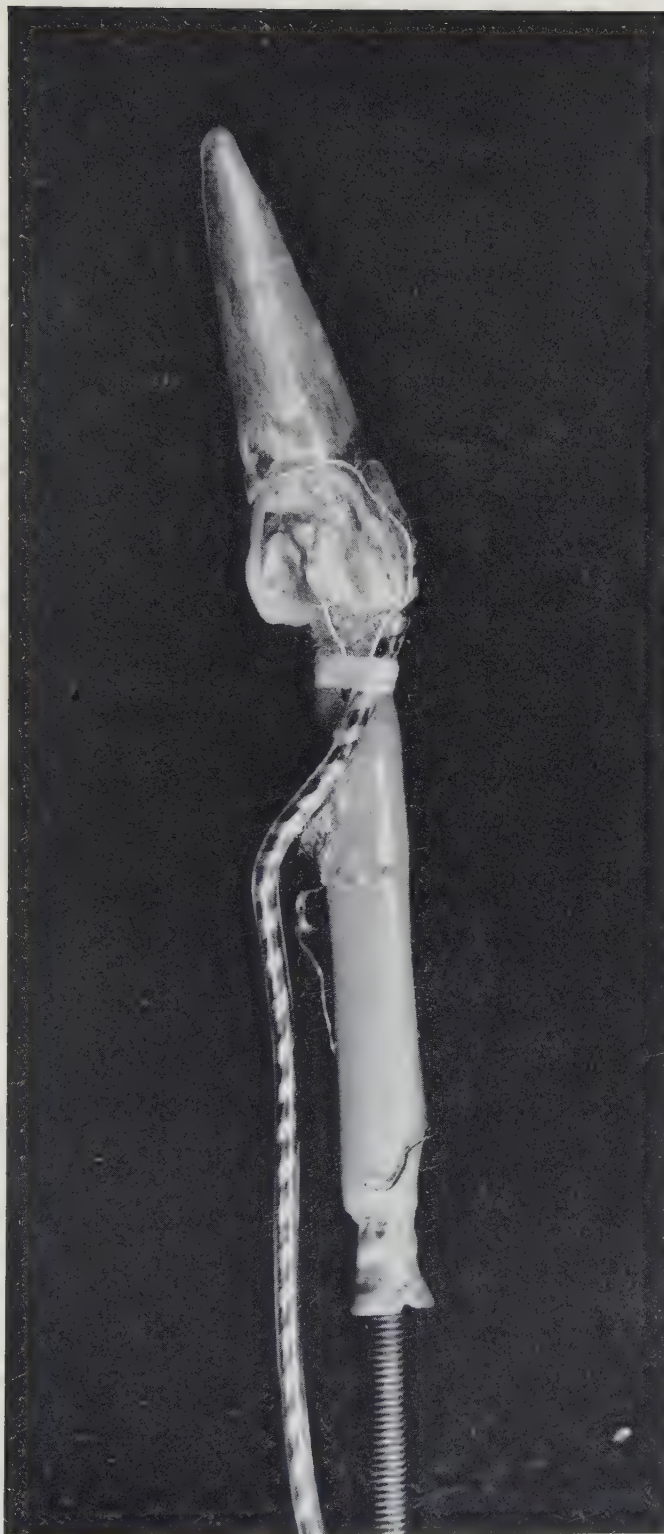


Fig. 16



g 5 : hauteur totale : 23,5

hauteur de la racine : 15,4

diamètre M.D. au collet : 4,8

Isolant : plexiglass dissous.

Cotes du vernier	Capacités en picofarads	
120	3,50	
122	3,56	
123	4,72	
-----		premier contact
124	6,80	
125	8,52	
127	13,40	
129	19,00	
131	27,30	
133	36,00	
135	46,00	
137	58,20	
139	68,00	
-----		l'argenture n'est plus visible
141	72,60	
143	73,80	

La courbe est construite aussitôt (voir fig. 17).

Immédiatement les principales objections énoncées ci-dessus se manifestent.

La courbe est juste à moins de 10 % près dans son ensemble, mais restent toujours imprécises les deux extrémités de celle-ci. On ne peut qu'en évaluer approximativement les

localisations. Inversement la simplicité et la rapidité de la méthode sont évidentes.

e) Mesures permettant la construction systématique pour les racines des 14 dents humaines considérées des courbes de la variation :

Surface insérée représentée par Capacité selon surface insérée
surface totale Capacité selon surface totale

en fonction de Hauteur insérée
 Hauteur totale

L'idée directrice de cette dernière série de manipulations a été la suivante :

Puisqu'à la suite des quatre précédentes expériences et quelle que soit la méthode employée, nous arrivons aux conclusions suivantes :

1) La courbe construite est l'expression réelle de la variation de l'aire de la surface radiculaire en fonction de la hauteur insérée ;

2) Les limites, tant à l'extrémité apicale qu'à l'extrémité cervicale sont entachées d'erreurs, pratiquement impossibles à éliminer, étant donnée la nature même de l'appareillage.

3) Etant donné que ce qui nous importe le plus de connaître est la courbe de variation de l'aire de la surface radiculaire, et non l'aire réelle de celle-ci, en fonction de la hauteur insérée, nous nous contenterons de noter les capacités correspondantes en fonction de la hauteur

$$\frac{S_1}{S_2} = \frac{C_1}{C_2}$$

Comme nous l'avons vu lors de l'expérimentation précédente une source d'erreurs est éliminée et une grande facilité est apportée dans la mesure. Ni l'épaisseur de l'isolant, ni sa nature, ni par conséquent sa constante diélectrique n'entrent plus dans nos calculs.

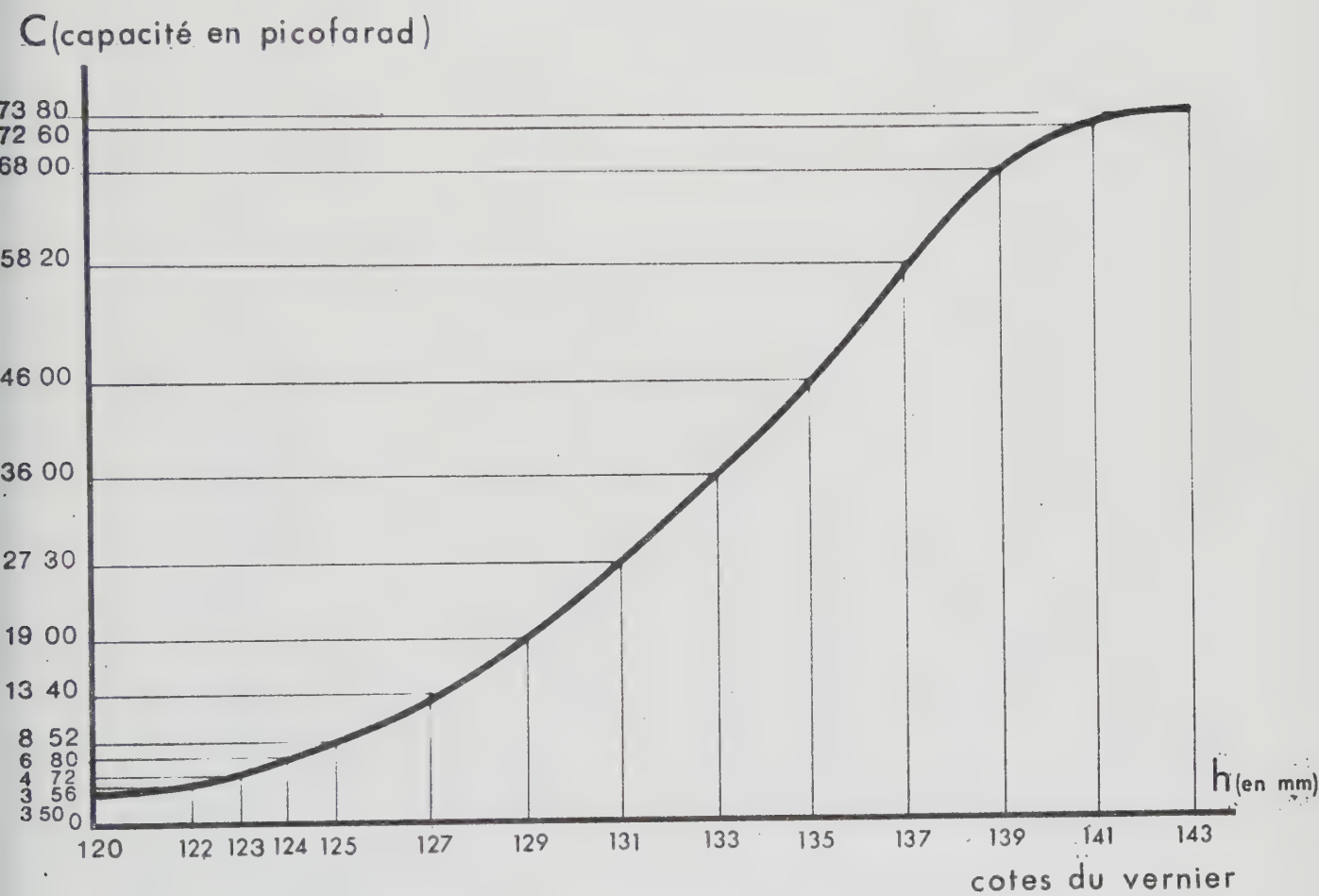


Fig.17

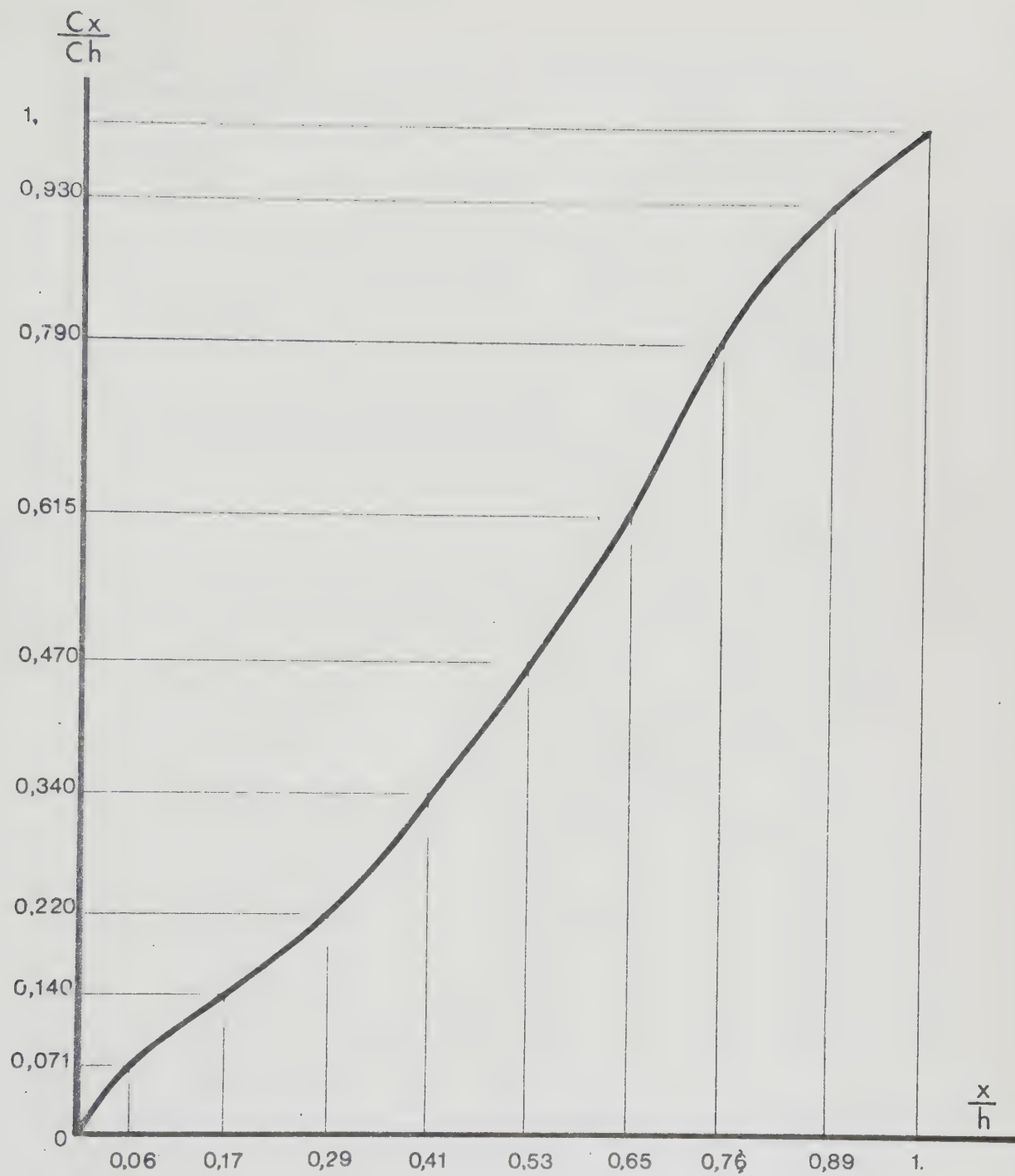


Fig.18

4) Il apparaît alors qu'il serait plus judicieux encore de construire la courbe du rapport

$$\frac{\text{surface insérée}}{\text{surface totale}} \quad \text{ou} \quad \frac{S x}{S h} = \frac{C x}{C h} \quad \text{en fonction du}$$

$$\text{rapport} \quad \frac{\text{hauteur insérée}}{\text{hauteur totale}} \quad \text{ou} \quad \frac{x}{h}$$

Prenons un exemple : les conditions de l'expérience étant celles décrites ci-dessus (voir paragraphe précédent) :

g 5 : hauteur totale : 23,5
 hauteur de la racine : 15,4
 diamètre M.D. au collet : 4,8
 isolant : plexiglass dissous

Nous notons les valeurs suivantes sur le tableau ci-dessous :

h en mm	$\frac{x}{h}$	$\frac{C x}{C h}$	
0	0	0	Imprécision de la lère mesure entre 1/4 et 1/2 mm
1	0,06	0,071	
3	0,17	0,140	
5	0,29	0,220	
7	0,41	0,340	
9	0,53	0,470	
11	0,65	0,615	
13	0,76	0,790	
15	0,89	0,930	
16	1	1	
			Notation faite entre 15,5 mm et 16 mm. Appréciation difficile

La courbe est alors tracée, $\frac{x}{h}$ en abscisse et $\frac{C}{C} \frac{x}{h}$ (représentant $\frac{S}{S} \frac{x}{h}$) en ordonnée (voir fig. 18).

Bien entendu, puisqu'il s'agit d'un rapport, la courbe tend de 0 vers 1, la hauteur variable étant alors égale à la hauteur totale. La capacité en fonction de la hauteur est en ce dernier point égale à la capacité maximale.

Les inconvénients de l'imprécision des limites demeurent mais sont compensés par la proportionnalité. L'imprécision est alors de loin inférieure à 10 %.

La manipulation se pratique de la façon suivante : on note sur un tableau à trois colonnes comme ci-dessus les hauteurs en mm. La lecture des capacités en fonction des hauteurs se fait très aisément comme il a été décrit dans le chapitre précédent. La nécessité de pratiquer ensuite deux calculs pour chacune des mesures peut être évitée, on opérant à deux manipulateurs. Pendant que l'un annonce les capacités en fonction des hauteurs, l'autre en utilisant la règle à calcul peut immédiatement effectuer les notations dans les colonnes convenables au fur et à mesure de l'appel des valeurs.

On compare alors les deux courbes obtenues lors de l'étude de la même racine. Courbe de C en fonction de h.

Courbe de $\frac{C}{C} \frac{x}{h}$ en fonction de $\frac{x}{h}$ (voir fig. 19.)

Comme on le voit, les deux images, au modelé près, sont pratiquement superposables.

On observera que sur les courbes que nous allons présenter plus loin, il a été tracé une diagonale ayant les mêmes origines que la courbe à étudier. Elle représente la variation de l'aire latérale du cylindre dans les mêmes rapports.

Cette représentation graphique du concept simple de l'évolution de l'aire latérale du cylindre en fonction de la hauteur nous apporte un moyen aisé de comparaison. Nous en trouverons l'utilité plus loin.

Il ne nous restait plus alors qu'à tracer dans les mêmes conditions les courbes concernant les 14 racines préparées à l'avance (voir fig. 20).

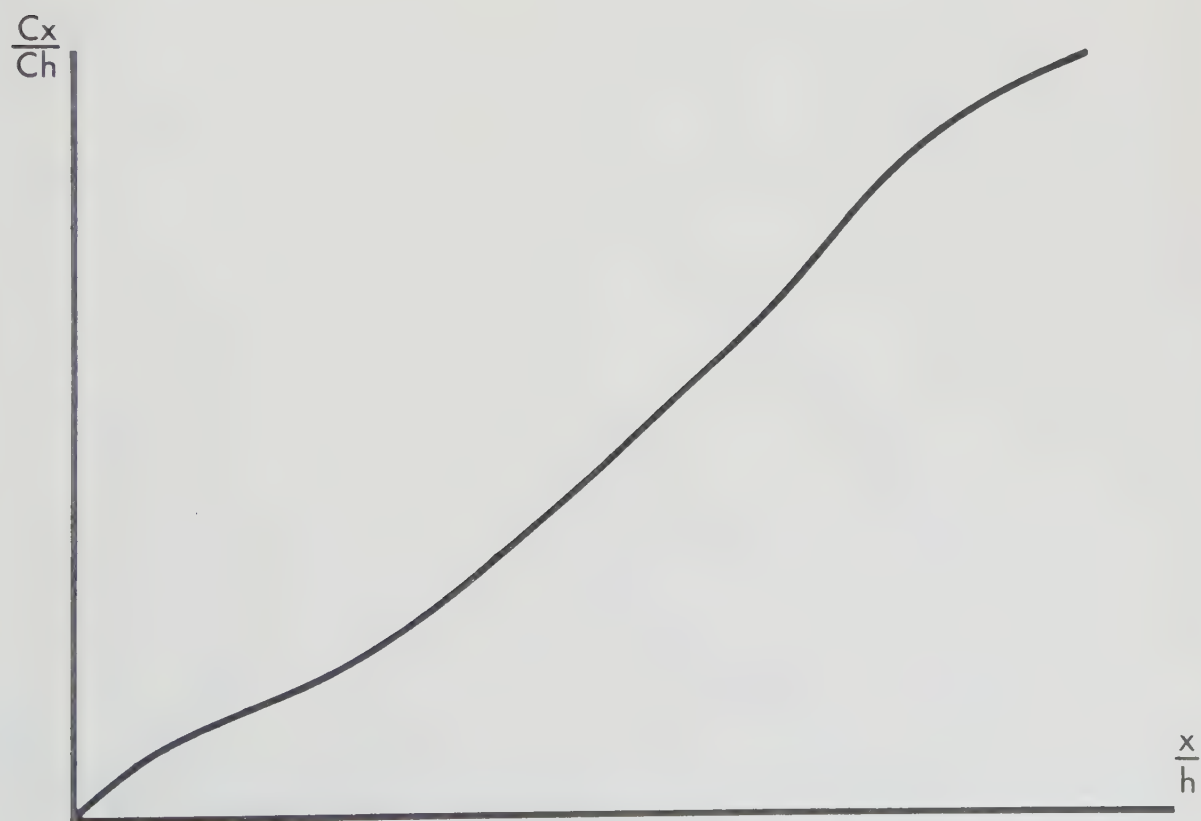
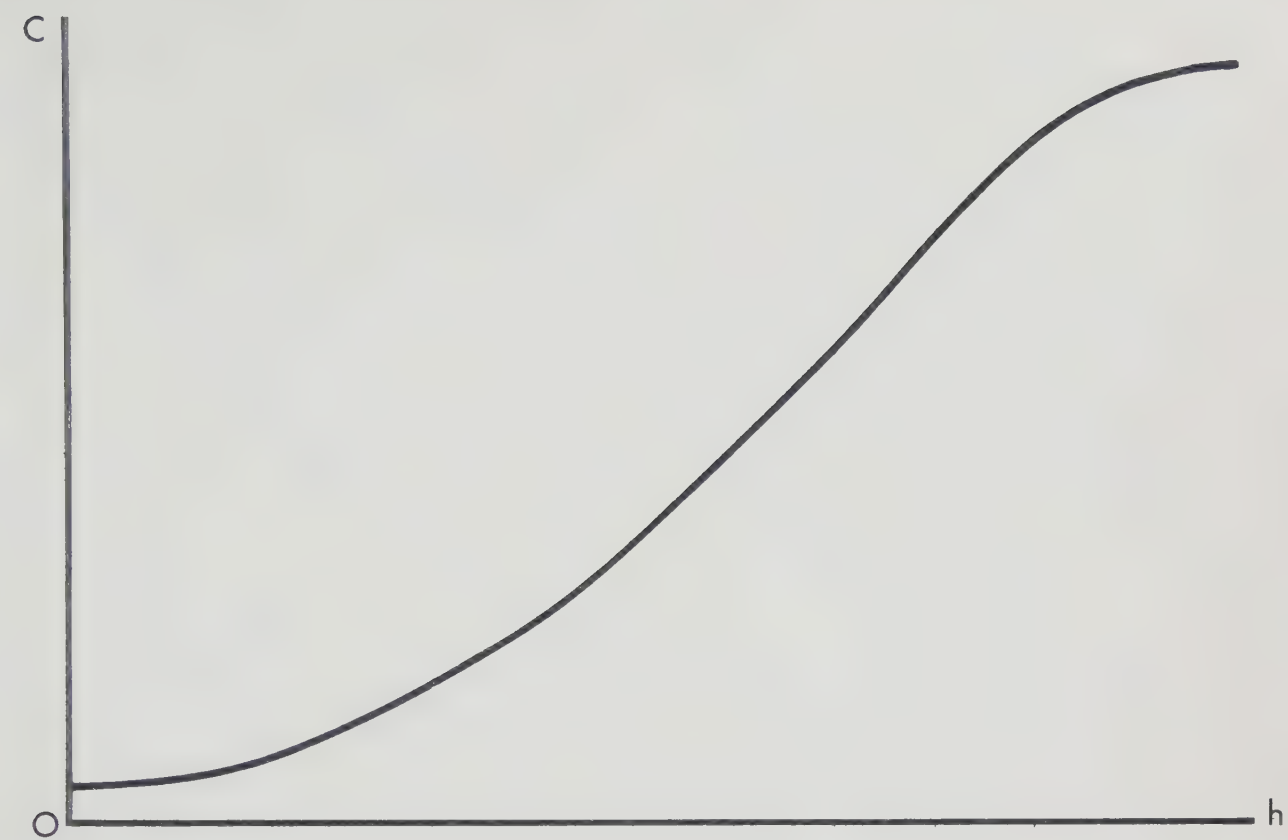


Fig.19

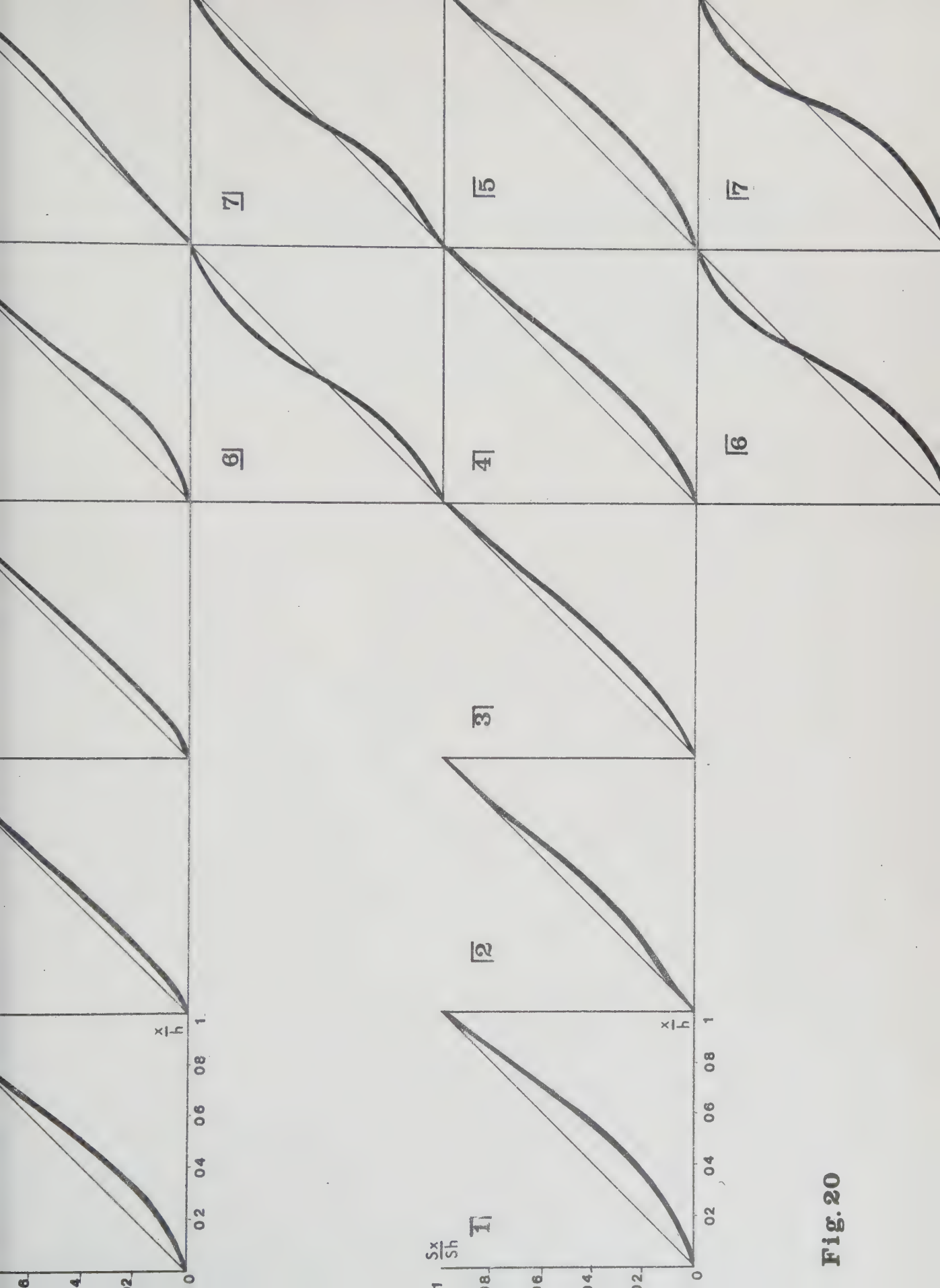


Fig. 20

Bien entendu chacune de ces courbes n'a été tracée qu'à la suite de plusieurs séries de mesures et ceci dans un but de contrôle.

Nous concluerons ce chapitre en disant qu'il nous a fallu un temps assez long pour maîtriser la méthode et pour mettre au point l'appareillage. Mais une fois passé ce stade, de nombreuses possibilités nous sont apparues. Nous n'avons pas pu les exploiter toutes encore.

CHAPITRE III

R E S U L T A T S

Les résultats des manipulations décrites ci-dessus sont matérialisées par les différentes courbes que nous avons présentées. Elles appellent quelques commentaires. Nous passerons rapidement sur les quatre premières qui représentent les différentes étapes dans la recherche entreprise pour nous attacher davantage à la cinquième, but de ce travail.

1/ Mesure de l'aire de la surface d'une racine de canine supérieure gauche (voir fig. 12).

Cette manipulation ayant été recommencée plusieurs fois avec des résultats identiques et un contrôle (deuxième manipulation) en ayant vérifié le bien fondé théorique, elle aura eu pour but essentiel la mise au point de la méthode.

Les résultats obtenus n'en sont pas moins intéressants.

a) Elle démontre qu'il est possible de mesurer l'aire réelle de la surface d'une racine de façon différente de celle qui avait été envisagée jusqu'à maintenant.

b) Elle donne une représentation graphique de la variation des aires en fonction des hauteurs et montre que la plus grande partie de cette racine peut être assimilée à la "variation de l'aire d'un cylindre" et que son aspect, "variation de l'aire d'un cône", n'apparaît que dans la zone apicale. L'image qui en est donnée est particulièrement satisfaisante pour l'esprit puisqu'elle fait varier des mm² de surface en fonction de mm de hauteur insérée.

c) Comme nous l'avons vu au cours de la manipulation, l'inconvénient majeur est l'imprécision des mesures aux deux extrémités de la courbe. Cette méthode ne pourra en aucun cas servir à pratiquer ces mesures dans les zones apicales ou cervicales exclusivement.

Par contre les valeurs intermédiaires, ou même les valeurs globales peuvent être reconnues pour valables (précision de l'ordre de 10 %).

d) Notons enfin que les résultats ne peuvent être obtenus qu'après d'assez longs calculs : détermination des surfaces lors de chaque mesure en appliquant la formule

$$S = \frac{e \times C}{\epsilon_0 \times \epsilon_r} = \frac{e \times C}{8,85 \cdot 10^2 \times \epsilon_r}$$

De plus, il faudra repérer très soigneusement l'épaisseur e de l'isolant en de nombreux endroits de la préparation.

e) Selon cette méthode l'aire radiculaire totale de G 3 étudiée (cotes de l'Atlas MARSEILLIER) est comprise entre 360 mm^2 et $395 \text{ mm}^2 \pm 10 \%$.

2/ Vérification de l'exactitude de la méthode par capacité comparaison avec un corps de surface connue (voir fig. 14).

En dehors de l'aspect curieusement paradoxal de ce corps tourné, le grand intérêt de cette manipulation a été de démontrer le bien-fondé de notre méthode. Les résultats que nous avons obtenus au cours de cette manipulation nous ont autorisé à poursuivre (cf. Procédé graphique permettant la reconstitution de la courbe initiale en fonction de celle réalisée à l'aide du corps tourné).

3/ Mesure de tout ou partie de l'aire d'une surface de racine de canine supérieure gauche par comparaison avec une surface étalonnée.

Cette manipulation qui peut être considérée un peu comme une digression, nous a d'abord montré, encore, et de façon différente, le bien fondé de la méthode. Elle ouvre de plus la porte à d'autres recherches. Des solutions intéressantes pour-

ront certainement être découvertes dans ce genre de manipulations par l'emploi de préparations étalonnées de haute précision.

4/ Mesure de la variation de l'aire de la surface de différentes racines en fonction de la hauteur insérée (voir fig. 17).

Cette manipulation sert de préalable à la dernière et suivante, la plus importante.

a) Le résultat obtenu, construction de la courbe, le fut dans une grande simplification de calculs. En vertu de l'équation $\frac{S_1}{S_2} = \frac{C_1}{C_2}$, seule la variation de la capacité est notée.

Il n'est plus besoin de connaître la valeur de la constante diélectrique de l'isolant ni l'épaisseur de la couche isolante, on s'assure seulement au microscope de la constance de son épaisseur (qui doit toujours être faible).

b) Autre résultat : une représentation graphique plus précise, les sources d'erreurs ayant diminué. L'image de la courbe est toujours fidèle à la réalité. Aux extrémités de celle-ci l'imprécision demeure. Pour l'ensemble des mesures réalisées lors de cette manipulation l'erreur est inférieure à 10 %.

c) Il est à noter que lorsque l'on applique cette méthode il n'est plus possible de connaître une aire en mm^2 . On la mesure en pourcentage. Exemple : pour une hauteur h_x d'insertion, l'aire S_x de la surface radiculaire intéressée est égale à $1/5$ de l'aire radiculaire totale S .

5/ Mesures permettant la construction systématique, pour les 14 dents humaines considérées, des courbes de la variation
surface insérée
surface totale représentées par

capacité selon surface insérée en fonction de hauteur insérée
capacité selon surface totale hauteur totale
(voir fig. 20).

Les résultats que nous avons obtenus, c'est-à-dire la construction des 14 courbes obligent à quelques constatations.

- La plus importante est la diminution substantielle de l'erreur qui n'est plus alors que de l'ordre de 5 à 7 %, certainement inférieure à ces chiffres dans les intermédiaires de la courbe.

- Même dans ses extrêmes, la courbe fournit une bonne représentation de la variation de l'aire radiculaire en fonction des différentes hauteurs insérées. C'est de tous les graphiques que nous ayons construits celui auquel on puisse le plus se fier.

- Comme dans le cas précédent, il entre un minimum de paramètres dans les calculs nécessaires à la confection de ces courbes. Les avantages sont les mêmes que ceux décrits ci-dessus, en ce qui concerne la simplicité des manipulations.

- L'image graphique n'est pas l'exacte image de la variation d'un nombre de mm^2 par rapport à un autre nombre de mm de hauteur h . Elle est donc moins satisfaisante pour l'esprit. Dans la pratique on pourra pourtant la considérer comme telle. On devra exprimer les résultats, non en valeur réelle (mm ou mm^2) mais en pourcentage, de même que dans la manipulation précédente.

o

Le but que nous recherchions : connaître la variation de l'aire de la surface radiculaire des dents humaines selon l'Atlas de MARSEILLIER, en fonction de leur hauteur insérée dans le parodonte, représentée ici par le bain de mercure, ayant été atteint avec une approximation de l'ordre de 5 % à 7 %, il nous reste à analyser ces résultats.

Rappelons que ces constructions graphiques n'ont été acceptées comme valables qu'après qu'elles aient été contrôlées plusieurs fois et de façon encore plus scrupuleuse que pour les autres graphiques. Elles n'ont été définitivement dessinées qu'une fois que nous nous soyions bien assurés de l'identité des images ainsi que de la possibilité de les superposer.

Afin de faciliter l'analyse il sera toujours établi une comparaison entre la courbe et une diagonale tracée sur chacun des graphiques. Cette droite représente, comme nous l'avons dit déjà, la variation de l'aire de la surface latérale d'un cylindre en fonction de la hauteur, cylindre dont le dia-

mètre de la base serait la moyenne entre les deux diamètres V.L. (ou V.P.) et M.D. de chacune des dents considérées.

Il est aisé alors de distinguer immédiatement deux catégories de dents, les molaires et les autres, dans les rapports de leur représentation graphique avec la diagonale.

En effet, le graphique des incisives, canines et prémolaires ne coupe jamais la diagonale, même si elle la suit de près quelquefois.

Le graphique des molaires présente toujours un aspect en forme de S de part et d'autre de la dite diagonale.

1/ Incisives - Canines - Prémolaires.

Caractères généraux.

Les aires radiculaires de ces dents peuvent varier quelquefois comme l'aire d'un cylindre, plus souvent comme celle d'un cylindre et d'un cône.

On peut alors classer les racines examinées comme possédant une aire radiculaire

- à variation pseudo-cylindrique
- à variation intermédiaire
- à variation pseudo-cônique.

a) Variation pseudo-cylindrique.

Dans l'ordre du graphique nous y trouverons :

- l'incisive latérale supérieure
- la canine supérieure
- la deuxième prémolaire supérieure
- l'incisive latérale inférieure.

On observe une certaine similitude entre les courbes de l'incisive latérale supérieure, la canine supérieure et l'incisive latérale inférieure, c'est-à-dire que le premier quart cervical évolue absolument comme l'aire d'un cylindre, que les 2/4 intermédiaires voient les aires diminuer plus rapidement et que l'aspect cônique de l'évolution de l'aire n'apparaît que dans le 1/4 apical.

Au contraire, la deuxième prémolaire supérieure évolue dans son ensemble comme l'aire latérale du cylindre. C'est seulement dans sa moitié cervicale que celle-ci s'en écarte le plus.

b) Variation intermédiaire.

Dans l'ordre du graphique nous y placerons :

- la première prémolaire supérieure
- la canine inférieure
- la première prémolaire inférieure.

La variation de l'aire latérale des racines de ces trois dents présente une grande similitude. Jamais ces aires n'évoluent comme celles des cylindres mais dans leur moitié cervicale cependant elles s'écartent peu de ce type de variation. Au contraire, dans leur moitié apicale la variation de leur aire s'apparente beaucoup plus à celle du cône. La première prémolaire supérieure toutefois, après une évolution de son aire latérale d'aspect cylindrique dans le 1/3 cervical voit plus rapidement encore celle-ci évoluer comme un cône dès cette limite et jusqu'à l'apex. Sa morphologie l'explique aisément.

c) Variation pseudo-cônique.

Dans l'ordre du graphique nous y placerons :

- l'incisive centrale supérieure
- l'incisive centrale inférieure
- la deuxième prémolaire inférieure.

L'évolution de l'aire latérale des trois dents présente une similitude avec l'évolution de l'aire du cône, les deux incisives supérieures et inférieures n'ayant même pas une variation analogue à celle du cylindre dans leur portion la plus rapprochée du collet.

La deuxième prémolaire inférieure voit son aire latérale évoluer de la même façon bien que sa portion radiculaire juxta-cervicale évolue comme un cylindre sur une très faible hauteur.

2/ Les molaires.

Caractères généraux.

Ils sont identiques et les quatre courbes présentent une analogie marquée. Un aspect en forme de "S" de part et d'autre de la diagonale représente la variation de l'aire latérale du cylindre.

Il est extrêmement curieux, grâce à cette représentation graphique, d'observer que l'aire latérale de ces racines diminue proportionnellement moins vite que la hauteur pendant une bonne partie de la variation.

a) Molaires supérieures.

Leur aire radiculaire latérale diminue très lentement jusqu'aux 3/5ème de la hauteur, surtout pour la première molaire supérieure. Au delà de cette limite, cette aire tend vers 0 comme pour un cylindre d'abord puis comme pour un cône. Cette disposition est particulièrement intéressante, surtout en ce qui concerne la première molaire supérieure.

b) Molaires inférieures.

Les courbes présentent les mêmes caractéristiques que les molaires supérieures, mais c'est à partir des 2/5ème cervicaux de leur hauteur que leur aire évoluera comme celle d'un cylindre d'abord puis comme celle d'un cône.

En résumé, nous pouvons dire que nos recherches aboutissent au résultat suivant : Toutes les mono-radiculées ainsi que la prémolaire supérieure voient leur aire radiculaire évoluer en fonction de leur hauteur d'insertion, de façon cylindro-cônique à l'exception des incisives centrales supérieures et inférieures dont l'aspect côneïde est malgré tout tempéré.

Les molaires au contraire, malgré une diminution de leur hauteur insérée égale ou inférieure à 1/3 voient leur aire radiculaire conserver une valeur substantielle. Cette aire ne s'affaiblit notablement qu'au delà de la perte de plus de la moitié de la hauteur d'insertion.

CHAPITRE IV

D I S C U S S I O N

Nous comparerons dans ce chapitre quelques uns de nos résultats et ceux obtenus par les auteurs précédemment cités. Nous préciserons d'emblée que l'on ne peut comparer que ce qui est comparable. Les cotes des dents utilisées par les différents auteurs pour leurs expérimentations ne nous sont pas toujours fournies. Nous préciserons donc au fur et à mesure toutes les données en notre possession. Dans certains cas il nous faudra émettre des suppositions ou choisir des valeurs moyennes, dans d'autres nous abstenir de tout parallèle.

Nous traiterons successivement de :

1/ Comparaison entre les résultats obtenus par les différents auteurs cités et par nous-même dans le calcul de l'aire de la surface d'une racine de canine supérieure gauche ;

2/ Comparaison entre les résultats obtenus par BROWN (13), MULLER (72) et nous-même lors de l'étude de la variation de l'aire des surfaces radiculaires des dents humaines en fonction de leur hauteur intraparodontale insérée.

1/ Comparaison entre les résultats obtenus par les différents auteurs cités et par nous-même dans le calcul de l'aire de la surface d'une racine de canine supérieure gauche.

Le tableau suivant indique les différentes aires radiculaires totales selon les différents auteurs qui les ont étudiées.

	BOYD 1958	MULLER 1959	TYLMAN et TYLMAN 1962	JEPSEN 1963	DESPEIGNES 1968
G 3 en mm ²	266,5	250 à 600 selon les diffé- rentes dents étudiées	204	273	360/395 (dent conforme à l'Atlas MARSEIL- LIER - cotes et morphologie)

N.B.-

a) MULLER nous dit avoir étudié 238 dents en tout, grandes, moyennes et petites. Il ne nous indique pas le nombre de chacune d'entre elles selon leur répartition anatomique (incisives, canines, prémolaires, molaires, supérieures ou inférieures). L'aire de 250 mm² concerne la plus petite des G 3 étudiées et 600 mm² la plus volumineuse.

b) Nous n'avons eu connaissance des travaux de BOYD (10 - 129) et de TYLMAN et TYLMAN (128) que par la publication de JEPSEN (51) et celui-ci ne nous fournit aucune donnée sur les cotes de dents utilisées par les auteurs. Il dit ne pas en avoir eu connaissance.

c) JEPSEN ne nous renseigne pas plus sur les cotes du lot de dents utilisées pour son travail. Il précise qu'il s'agit de cotes moyennes après étude d'un grand nombre de dents.

d) L'Atlas MARSEILLIER nous indique pour la dent que nous avons utilisée les cotes suivantes :

longueur totale	26,5 mm
hauteur de la couronne	10,5 mm
hauteur de la racine	16,0 mm
diamètre M.D. au collet	5,2 mm
diamètre V.P. au collet	7,2 mm

Comparées à des dents de volumes extrêmes, ces cotes peuvent être admises comme représentant les moyennes très acceptables.

Rappelons les chiffres obtenus selon la méthode de DECELLE 1960-1961.

Calcul mathématique. Analogie à l'aire latérale du cône selon les Atlas suivants :

G 3	BLATTER	MARGUERITTE	MARSEILLIER	Ra- dios	selon mou- lages de dents naturelles
en mm ²	146	154	165	146	200
DESPEIGNES et coll. 1961-1962 Même méthode selon Atlas de MARSEILLIER			165		

On arrive immédiatement à un certain nombre de réflexions :

a) Il est manifeste que les valeurs calculées mathématiquement : analogie avec l'aire latérale du cône, sont trop faibles.

L'étude de la courbe de G 3 par exemple (aire réelle en fonction de la hauteur) (première manipulation) nous a montré en effet son aspect cylindrique se terminant seulement dans sa dernière portion apicale (trois derniers millimètres) comme un cône. Le solide en cuivre tourné selon cette courbe en donne une image particulièrement explicite.

La courbe du rapport $\frac{C \cdot x}{C \cdot h}$ en fonction de $\frac{x}{h}$ nous montre ce même aspect. De là vient la différence considérable entre les aires évaluées par DECELLE et celles des auteurs cités et de nous-même .

(Par contre l'étude des mêmes courbes nous démontre que DECELLE serrait de beaucoup plus près la réalité en considérant que l'aire des surfaces radiculaires des molaires devait évoluer comme celle de l'aire latérale du cylindre).

b) Il est difficile d'établir une comparaison entre les méthodes de BOYD, MULLER, TYLMAN et TYLMAN, JEPSEN et la nôtre, car il faudrait imaginer que chacun des auteurs a utilisé une dent rigoureusement identique dans ses cotes (voir N.B. ci-dessus).

On peut cependant noter que les valeurs que nous avons trouvées s'inscrivent légèrement au-dessus de celles des autres auteurs, exception faite pour MULLER qui a dû utiliser des dents dont les volumes étaient à la limite de l'acceptable. $S = 250 \text{ mm}^2$ à 600 mm^2 . Une aire moyenne de 450 mm^2 pourrait évidemment être retenue, mais rien ne démontre que l'auteur ait choisi un lot de dents où se répartissaient également grandes, moyennes et petites.

c) Cette comparaison perd donc une grande partie de sa valeur quand on voit que l'aire intéressée est celle de la surface totale de la racine. Notre méthode, nous l'avons montré, ne donnait qu'une valeur imprécise de cette aire totale.

$360/395 \text{ mm}^2$ dans le cas de G 3 avec une erreur de l'ordre de 10 %. Donc dans le plus mauvais des cas : $360-10/100$ ou $395 + 10/100 = 324 \text{ mm}^2$ à $434,5 \text{ mm}^2$.

Cette imprécision dans nos recherches nous interdit d'envisager le calcul de l'aire totale normale du parodonte. C'est un chapitre que nous ne pouvons aborder étant donné notre méthode.

N.B. - Il est certain qu'une variation comparative de l'aire de la surface totale des racines des dents selon leur taille, leurs cotes et leur forme pourrait faire l'objet d'un travail statistique tout autre en utilisant des méthodes de calcul par ordinateurs programmés. En réalité, là n'est pas le but de nos recherches. Ce serait celui qui présiderait à l'établissement d'un Atlas d'Anatomie Dentaire sur de plus larges bases statistiques.

2/ Comparaison entre les résultats obtenus par BROWN, MULLER et nous-même lors de l'étude de la variation de l'aire des surfaces radiculaires des dents humaines en fonction de leur hauteur intraparodontale insérée.

a) BROWN (13)

Comme nous l'avons dit au chapitre I, BROWN n'a étudié

que des incisives centrales supérieures. Il en a étudié neuf de différentes formes et de différentes cotes. La seule cote fournie est celle de la hauteur h de la racine. Les diamètres V.P. (ou V.L.) et D.M. ne sont pas énoncés.

Pour simplifier nous avons tracé les courbes des variations de l'aire, selon les chiffres qu'il nous indique pour trois des dents qu'il a étudiées :

- n° 1 de cotes moyennes - Hauteur radiculaire (h) = 13 mm
- n° 2 de cotes les plus élevées - Hauteur radiculaire (h) = 15 mm
- n° 8 de cotes les plus faibles - Hauteur radiculaire (h) = 11 mm

Bien entendu ces courbes n'intéressent qu'une diminution de la hauteur insérée de 5 mm, image de résorption parodontale à laquelle cet auteur a limité son travail (voir fig. 21).

Répetons ici les données qui ont permis la construction de ces trois courbes.

n° 1		n° 2		n° 8	
h	S	h	S	h	S
13 mm	216 mm ²	15 mm	200 mm ²	11 mm	160 mm ²
11 mm	136 mm ²	13 mm	132 mm ²	9 mm	120 mm ²
9 mm	84 mm ²	11 mm	80 mm ²	7 mm	72 mm ²
8 mm	68 mm ²	10 mm	72 mm ²	6 mm	52 mm ²

La comparaison avec la courbe que nous avons tracée de la variation de $\frac{S \cdot x}{S \cdot h}$ en fonction de $\frac{x}{h}$ pour l'incisive centrale fait apparaître une similitude dans cette portion de courbe entre les mesures de BROWN et les nôtres (valeurs réelles et cotes étant mises à part). La dent ayant servi à notre expérimentation avait selon les cotes de 'Atlas MARSEILLIER une hauteur h = 12,5 mm, diamètre au collet V.P. : 6 mm, diamètre au collet M.D. : 6,4 mm.

Les différentes morphologies radiculaires, sur les courbes tracées selon BROWN se manifestent par des formes légèrement différentes mais les droites reliant les points extrêmes forment des angles faibles les uns par rapport aux autres. Malgré leurs cotes nettement différentes, ces racines présentent des variations d'aire pratiquement identiques. Il est vrai que l'incisive centrale est d'une grande simplicité de forme (par rapport à bon nombre des autres dents humaines) et qu'elle est aussi d'une grande constance morphologique.

b) MULLER

Cet auteur, comme BROWN, n'a pas tracé les courbes de variation de l'aire des surfaces de racines en fonction de la hauteur insérée.

Nous avons pourtant essayé d'obtenir une expression graphique des tableaux qu'il nous propose.

Il nous faut au préalable faire quatre observations concernant une certaine imprécision dans ses mesures.

1. Il ne nous indique pas, pour chacune des dents examinées, la hauteur (ou longueur totale) de la racine à étudier, ni à plus forte raison des diamètres V.P. (ou V.L.) et M.D. de chacune d'elles.

2. Il note des hauteurs de résorption parodontale imprécises : de 2 à 3 mm, puis de 5 à 6 mm enfin de 7 mm (pour notre part nous préférons au $\frac{1}{4}$, au $\frac{1}{2}$, aux $\frac{3}{4}$ par exemple de la hauteur h).

3. Il ne nous communique pas la totalité de ses résultats. Exemple pour incisives latérales (supérieures et inférieures sans doute car il ne le précise pas) : il indique pour tout chiffre : peu de différences avec les incisives centrales inférieures.

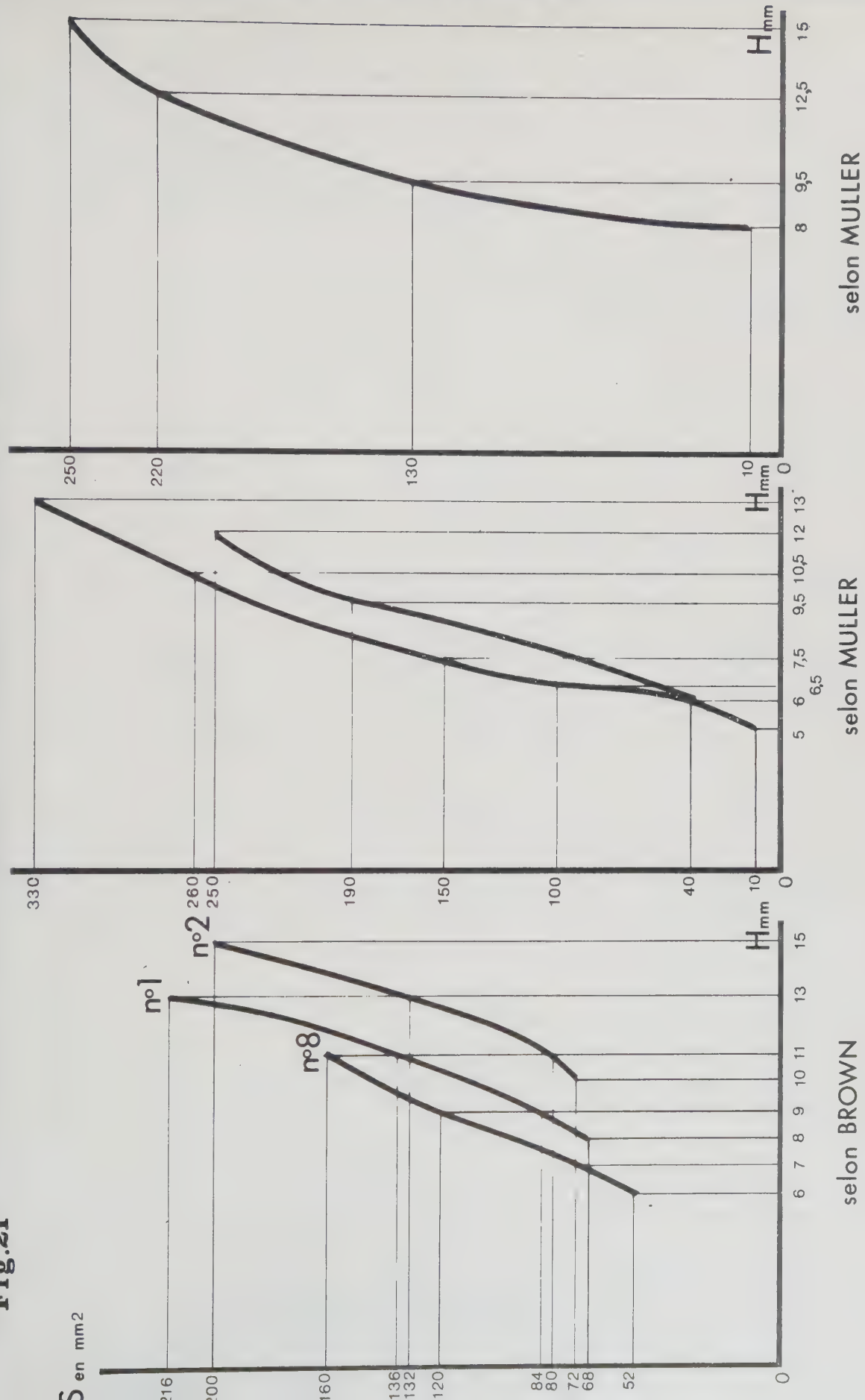
Pour les canines il ne nous précise pas s'il s'agit de celles du haut ou du bas. Les chiffres donnés concernent les deux globalement.

4. Enfin, pour chacune des aires étudiées, totales, ou aux différents degrés de résorption parodontale indiqués, il donne deux chiffres en mm². Certains d'entre eux sont fort éloignés. Exemple déjà cité : canine : surface totale 250 mm² à 600 mm².

Fig.21

$\bar{S}$ en mm²

$\bar{S}$ en mm²



selon MULLER

selon MULLER

selon BROWN

Ces valeurs sont intéressantes statistiquement mais se prêtent peu à la confection de graphiques.

Pourtant nous nous y sommes essayés et nous avons réalisé, sur une même feuille de papier millimétré, deux courbes, l'une de l'évolution de l'aire de la racine de l'incisive centrale selon les cotes les plus faibles et l'autre de la même dent selon les cotes les plus fortes.

MULLER nous indique bien des surfaces en mm², mais ne nous fournit pas comme nous venons de le dire, les longueurs des racines, ou h. Donc pour le tracé nous avons arbitrairement affecté la plus forte racine d'une longueur h = 13 mm et la plus faible d'une longueur h = 12 mm.

Cela ne peut en rien modifier la forme de la courbe, mais peut-être un peu seulement son modelé. De plus ces valeurs sont parfaitement habituelles (en tout cas très moyennes).

MULLER était imprécis également dans les hauteurs de résorption : 2 à 3 mm, 5 à 6 mm ; nous avons délibérément choisi pour établir ce graphique : h totale : arbitrairement coté par nous, h = 2,5 mm, h = 5,5 mm et h = 7 mm. Nous n'avons pas pensé trahir l'auteur (voir fig. 22).

Répetons ici les données qui nous ont permis la construction de ces deux courbes.

Incisive centrale la plus forte		Incisive centrale la plus faible	
h	S	h	S
13 mm	330 mm ²	12 mm	250 mm ²
10,5 mm	260 mm ²	9,5 mm	190 mm ²
7,5 mm	150 mm ²	6,5 mm	100 mm ²
6 mm	40 mm ²	5 mm	10 mm ²

L'examen de ces deux courbes appelle immédiatement deux réflexions :

- les droites joignant les points extrêmes nous semblent indiquer correctement l'aspect général de la variation de l'aire des incisives centrales ;

- La forme de la courbe, elle au contraire, est tout à fait anormale et nous ne pouvons que mettre en doute le chiffre des surfaces pour $h = 7$ mm.

Il faudrait penser que l'auteur a examiné des dents de morphologie anormale et de cotes réduites. Or il nous dit le contraire dans son exposé préliminaire.

o

A titre de contrôle, nous avons construit selon les mêmes principes (arbitraire du choix de la longueur de la racine $h = 15$ mm) la courbe de variation de l'aire de la surface radiculaire de la canine supérieure en fonction de la résorption parodontale. Nous avons pour cette dent plusieurs résultats qui se confirment les uns les autres.

Nous avons utilisé les mesures les plus faibles (pour plus de simplicité dans le dessin) ($S = 250$ mm² et non $S = 600$ mm²). Bien entendu nous ne savons pas s'il s'agissait de canine supérieure ou inférieure, l'auteur étant imprécis (voir fig. 23).

Répetons ici les données qui nous ont permis de construire cette courbe.

Canine de cote la plus faible	
h	S
15 mm	250 mm ²
12,5 mm	220 mm ²
9,5 mm	130 mm ²
8 mm	10 mm ²

Là encore l'aspect de la courbe est paradoxal et dans le meilleur des cas une erreur s'est glissée au moins pour $h = 8$ mm. L'aire de la surface résiduelle étant pratiquement nulle.

En résumé nous pouvons dire que les résultats obtenus par BROWN sont confirmés par les nôtres. Les méthodes adoptées, totalement différentes, n'apportent qu'une meilleure justification de la validité de nos résultats.

Par contre, ceux obtenus par MULLER, à la lecture des courbes que nous avons établies ci-dessus, présentent des différences fondamentales. Nous pensons, soit à des erreurs de mesure, soit à des erreurs de transcription.

On pourrait admettre à la rigueur, selon MULLER, que l'aire de la surface des racines diminue en fonction de la perte de la hauteur parodontale h , moins rapidement que celle du cylindre, encore que ce soit fort improbable et en parfaite contradiction avec la morphologie et l'anatomie. Il nous est impossible d'admettre par contre qu'arrivé à une résorption parodontale d'une hauteur de 7 mm à partir du collet, l'aire des surfaces radiculaires des dents considérées soit pratiquement égale à 0. Ce qui est contredit par le simple examen des pièces.

CHAPITRE V

C O N C L U S I O N S

En résumé nous pouvons dire qu'après une étude approfondie de nombreux ouvrages antérieurs, nous n'avons trouvé qu'un nombre excessivement restreint de publications concernant l'aire de la surface de la racine. Pourtant cet élément anatomique est capital lors de l'étude du parodonte (du desmodonte en particulier) ainsi que la fonction manducatrice. Le nombre des fibres ligamentaires utiles est directement fonction de l'aire de la surface radiculaire intraparodontale.

Parmi les orthodontistes, DECELLE, curieux de la connaissance de la surface pressée, avait calculé une aire approximative des racines en assimilant l'aire des surfaces radiculaires des monoradiculées à l'aire latérale d'un cône et celles des multiradiculées à celle d'un cylindre. Quelques auteurs avaient cherché aussi à connaître l'aire de ces surfaces radiculaires en enduisant les dites surfaces d'une matière liquide plastique, produisant une mince pellicule au séchage. La mesure de la surface de cette pellicule permettait de connaître l'aire recherchée. Ces méthodes, entre autres imperfections et approximations, ne permettaient pas de connaître la variation de l'aire de la surface radiculaire en fonction de la hauteur insérée.

APRES BIEN DES TATONNEMENTS NOUS AVONS MIS AU POINT
UNE METHODE ORIGINALE CONSISTANT EN LA CONFECTION D'UN CONDENSEUR
SATEUR CONSTITUE DES CINQ ELEMENTS SUIVANTS :

- LA SURFACE ARGENTEE DE LA RACINE DENTAIRE A ETUDIER ;
- L'ISOLATION AU VERNIS MICA OU AU PLEXIGLASS LIQUIDE ;

- UN BAIN DE MERCURE DANS LEQUEL SERA INSERE LA RACINE PREPAREE ;
- UN TRUSQUIN SUPPORT PERMETTANT DE CONNAITRE LA HAUTEUR D'ENFONCEMENT DE LA PREPARATION DANS LE BAIN DE MERCURE ;
- LE PONT MARCONI, APPAREIL DE MESURE DE CAPACITE.

LA CAPACITE C D'UN CONDENSATEUR, EN VERTU DE LA FORMULE $C = \frac{\epsilon S}{e}$, VARIE COMME LA SURFACE S SI e (distance interarmature) ET ϵ (constante dépendant de la nature de chaque isolant) NE VARIENT PAS.

A LA SUITE DE NOMBREUSES EXPERIENCES AYANT FAIT L'OBJET DE CONTROLES REGULIERS, NOUS AVONS ETE AMENES A ETABLIR UNE COURBE DE LA VARIATION DE $\frac{C}{C} \frac{x}{h}$ REPRESENTANT $\frac{S}{S} \frac{x}{h}$ EN FONCTION de $\frac{x}{h}$ ET CE POUR CHACUNE DES 14 RACINES CONSIDEREES (dents de sagesse et atypiques exclues).

LA GRANDE ORIGINALITE DE LA METHODE RESIDE EN CE QU'ELLE NE DONNE PAS UNE VALEUR DETERMINEE DE L'AIRES DE LA SURFACE DES RACINES DENTAIRES POUR UNE HAUTEUR INTRAPARODONTALE DONNEE, MAIS BIEN PLUTOT UN POURCENTAGE DE SURFACE UTILE POUR UNE HAUTEUR DONNEE. IL A ETE AINSI POSSIBLE DE CLASSER LES DIFFERENTES RACINES DES DENTS HUMAINES EN QUATRE GRANDES CATEGORIES :

- INCISIVES, CANINES ET PREMOLAIRES :
 - DENTS A VARIATION DE TYPE CONIQUE
 - DENTS A VARIATION DE TYPE CYLINDRO-CONIQUE
 - DENTS A VARIATION DE TYPE CYLINDRIQUE
- MOLAIRES
 - DENTS A VARIATION DE TYPE DIT EN S.

Les applications cliniques sont évidentes. Il est facile comme nous l'avons montré, de connaître les cotes d'une dent : diamètre (V.P. (ou L.) et M.D.) par mesure directe ; hauteur de la racine par la radiographie et par la mesure directe de la hauteur des résorptions et de la profondeur des poches.

S'étant assuré de l'aspect morphologique typique de la dent à étudier d'une part et de la hauteur intraparodontale insérée, il est possible de connaître par référence à l'une des 14 courbes (cf. fig. 20) établies ci-dessus l'aire de la surface radiculaire encore utile, en pourcentage.

Notre optique parodontologique nous les fait considérer comme "encourageantes". En effet pour une perte de hauteur moyenne, on peut admettre que le facteur "surface utile" diminue beaucoup moins rapidement que nous le pensions. Les courbes en forme de S sont particulièrement intéressantes. On doit penser que dans ces conditions les surfaces parodontales restantes représentent une aire plus étendue que nous ne l'imaginions auparavant.

Nous avons été surpris par la surface de la canine concrétisée par celle de ce corps paradoxal tourné en laiton. Nous nous sommes tout d'abord intéressés à la canine, car de nombreux auteurs contemporains, américains pour la plupart, la considèrent comme la dent la plus importante de la bouche (le propriocepteur majeur).

Il nous reste à espérer que l'extrême simplicité de référence à ces 14 graphiques, pourra trouver une application dans l'exercice pratique de notre profession, en particulier dans les disciplines de la Prothèse, de l'Orthopédie dento-faciale et de la Parodontologie. C'est un truisme que de dire qu'avant d'entreprendre toute construction prothétique, tout traitement d'O.D.F. ou de Parodontie, une étude détaillée des zones parodontales doit être entreprise. La région parodontale est très complexe et on doit l'analyser élément par élément.

Nous considérons que notre travail apporte une technique nouvelle en clinique de l'évaluation du paramètre "aire de la surface intraparodontale des racines dentaires humaines", lors de l'étude anatomique et fonctionnelle de la région desmodontale.

Elle nous a permis de remplacer la conception du calcul de l'aire par celle plus facile d'un rapport de valeurs. On peut considérer en effet que pour un individu donné, la résistance maximale d'une dent est atteinte, entre autres, lorsque l'implantation est maximale. De ce fait, si nous avons trouvé une méthode valable de calcul de l'aire de la surface radiculaire totale, ou de l'aire implantée (but de nos toutes premières recherches) nous aurions été obligés dans un deuxième temps d'établir une règle proportionnelle pour évaluer en pourcentage le rapport aire d'implantation sur aire maximum.

Notre méthode a le gros avantage de donner sans calcul intermédiaire la valeur de ce rapport.

Donnons un exemple pratique : Si nous devons nous servir d'une canine inférieure gauche comme pilier de bridge, ce qui nous intéresse n'est pas de connaître en mm² l'aire implantée, mais au contraire d'avoir immédiatement un rapport de valeur, un pourcentage qui est le critère de confiance ; et c'est ce qui intéresse le clinicien.

Enfin, quelles perspectives d'avenir ce travail peut-il apporter ?

On peut imaginer que les représentations graphiques de la variation de l'aire de la surface radiculaire des 14 dents étudiées puissent être ajoutées en complément à la description de chacune des dents humaines dans les Atlas à l'usage des étudiants comme des praticiens.

Il serait présomptueux de le proposer actuellement alors que le travail que nous présentons n'est qu'une étude première abordant un sujet encore mal connu.

Pourtant il n'est pas exclu de penser qu'un jour des graphiques de cet ordre pourraient être adjoints à l'iconographie habituelle des Atlas de morphologie dentaire, dent par dent. Une image radiographique d'une dent de morphologie normale pourrait elle aussi compléter utilement ces descriptions.

Les définitions choisies par l'Atlas de MARSEILLIER comme par tous les autres Atlas seront sans doute modifiées dans l'avenir, lorsqu'un travail statistique portant sur des milliers d'échantillons aura pu être réalisé par des ordinateurs.

Les graphiques que nous avons établis devront alors être refaits en fonction de ces futures cotes internationales que nous espérons voir publier un jour prochain. Elles permettraient à des travaux du type de celui que nous présentons, de s'appuyer sur une plus large base et de pouvoir selon les auteurs ou les nations "parler de la même chose, en même temps".

Enfin, on peut penser qu'une étude statistique radiographique permettrait pour chacune des dents humaines de définir la normalité ou l'hyperconicité, ou l'hypercylindricité (si l'on peut dire) tolérables sans pour autant tomber dans l'atypique.

Ajoutons que le travail que nous présentons ici doit être considéré comme un travail préliminaire. On imagine aisément un certain nombre de travaux complémentaires qui pourraient lui faire suite. Manifestement, nous n'avons fait qu'entrevoir l'intérêt d'une référence à des surfaces étalonnées qui permettraient une grande simplification de manipulation et de calcul. Une systématisation des mesures pourrait être facilement obtenue, permettant une meilleure approximation établie plus rapidement.

En outre, la principale imprécision étant due, dans nos recherches, à l'effet de ménisque à la surface du bain de mercure, on peut imaginer de remplacer celui-ci, en tant que deuxième armature, par une deuxième argenture déposée sur l'isolant. Dans ce cas il ne serait plus possible de mesurer une variation mais une aire réelle de la surface radiculaire. La précision serait très supérieure à celle que nous avons obtenue. Cette étude déboucherait donc aussitôt sur la recherche de l'aire totale du parodonte humain.

La connaissance de l'important paramètre que nous avons étudié devrait apporter des renseignements nouveaux aux recherches sur la région parodontale. Nous pensons en particulier aux travaux en cours de BARON (E.N.C.D. Paris) (non encore publiés) concernant les caractères histologiques et microradiographiques constants de la lamina dura chez le rat. L'aire de la surface d'implantation des fibres, nous l'avons déjà dit, est un élément essentiel à connaître dans ces recherches concernant le facteur desmodontal.

Nous pensons aussi que les études anthropométriques tant dans le contemporain que dans le paléolithique pourraient profiter de ce type de mesures. Nous avons lu avec beaucoup d'intérêt : "La denture humaine à l'époque néolithique", de H. BRABANT dans le bulletin de la Société Royale belge d'Anthropologie et de Préhistoire", 1968 (11). L'auteur y étudie en particulier, en des tableaux synoptiques, le changement de volume des couronnes des dents temporaires et permanentes depuis le néolithique en Europe, avec référence à l'époque médiévale et moderne. Il serait certainement d'un grand intérêt de connaître les changements intervenus dans l'aire des racines dentaires ainsi que dans l'aire totale du Parodonte au cours des mêmes périodes.

NOTRE METHODE POURRAIT TROUVER ENCORE BIEN D'AUTRES APPLICATIONS, PUISQUE, POUR LE MOMENT, ELLE EST, NOUS SEMBLE-T-IL, LA SEULE QUI PERMETTE UNE REPRESENTATION GEOMETRIQUE ET GRAPHIQUE D'UN CORPS QUELCONQUE PRESENTANT LES MEMES CARACTERISTIQUES DE VARIABILITE : AIRE EN FONCTION DE LA HAUTEUR.

Vu :

Le Président :

Signé : P. CERNEA

Vu :

Le Doyen honoraire

Administrateur provisoire
de la Faculté de Médecine :

Signé : G. BROUET

Vu et permis d'imprimer :

Le Recteur de l'Académie de Paris :

Signé : R. MALLET

BIBLIOGRAPHIE

-:-

- 1 - ACKERMANN (F.) - Le mécanisme des mâchoires.
Paris, 1953, Masson, 819 p.
- 2 - ALDRITT (W.A.S.) - Radiology in periodontal practice.
The dental practitioner, 5 (4), décembre 1954, p. 125-133.
- 3 - ANDERSON (D.J.) - A method of recording masticory loads.
Journal of Dental Research, 32 (6), juin 1953,
p. 785-789.
- 4 - ANDERSON (D.J.) - Measurement of stress in mastication.
Journal of Dental Research, 35 (5), octobre 1956,
p. 671-673.
- 5 - APRILE (H.), FIGUN (M.E.) - Anatomia Odontologica.
Buenos-Aires, 1956, El Atheneo, 523 p.
- o
- 6 - BALAN (E.) - Der vesuch einer vergleichenden parodontometrischen betrachtungsweise und bestimmung der physiologischen alveolarreduktion.
Zahnarztliche Rundschun, 75 (7), juillet 1966,
p. 253-258.
- 7 - BERTRAND (Dr P.), DECHAUME (Dr M.), LACRONIQUE (Dr G.) -
Radiographie bucco-dentaire et agents physiques en stomatologie.
Paris, 1941, Masson, 442 p.

- 8 - BIEN (S.M.) - Hydrodynamic damping of tooth movement.
Journal of Dental Research, 43 (3, suppl. II), mai-juin
1966, p. 907-914.
- 9 - BIEN (S.M.) - The mechanism of tooth movement : an investi-
gation approach.
New-York Journal of dentistry, 36 (6), juin-juillet
1966, p. 191-192.
- 10 - BOYD (J.L.) - Voir à WATT (D.M.), MAC GREGOR (A.R.), etc...
- 11 - BRABANT (H.) - La denture humaine à l'époque néolithique.
Bulletin de la Société royale belge d'Anthropologie et
de Préhistoire, 79, 1968, p. 105-141.
- 12 - BRODIE (A.G.) - The apical base : Zone of interaction
between the intestinal and skeletal systems.
Angle Orthodontist, 36 (2), avril 1966, p. 136-151.
- 13 - BROWN (R.) - A method of measurement of root area.
Journal de l'Association dentaire canadienne, 16 (3),
mars 1950, p. 130-132.
- 14 - BRYAN-WADE (A.) - Basic Periondotology.
Bristol 1960, Wright and sons, 303 p.
- o
- 15 - CALANDRIELLO (M.) - L'amprezza dello spazio periodontale in
relazione all'eta.
Rivista Italiana di Stomatologia, 22 (3), mars 1967,
p. 273-283.
- 16 - CAMPBELL (R.L.) - A comparative study of the resorption of
the alveolar ridges in denture wearers and non denture
wearers.
Journal of American Dental Association, 60 (2),
février 1960, p. 143-153.
- 17 - CHAPUT (Prof. A.), HELD (A.J.), PALFER-SOLIER (Dr M.) -
Stomatologie.
Paris, 1967, Flammarion, 1148 p.
- 18 - CHAPUT (Prof. A.) - Parodontologie et médecine dentaire.
R.F.O.S., 15 (7), août-sept. 1968, p. 903-908.

- 19 - CHATEAU (Dr M.) - Modifications provoquées de forme et de longueur d'os.
Acte du (34ème) Congrès annuel de la Société Française d'Orthopédie dento-faciale.
Clermont-Ferrand - Royat, 11-14 mai 1961.
Orthodontie Française, 32, 1961, p. 397-398.
- 20 - CHATEAU (Dr M.), PETIT (H.) - Orthopédie dento-faciale et parodontopathies.
Orthopédie française, 32, 1961, p. 137-193, 245-266.
- 21 - CHAVANCE (P.) - Mécanique - Notions générales.
Paris, 1950, Baillière, 203 p.
- 22 - CHAVANCE (P.) - Mouvements de la dent.
P.O.S. (468) (469) (470) (471) - 1952.
- 23 - CLEMENT (A.), ROUCOULES (L.) - Prothèses fixes et prophylaxie tissulaire.
Information dentaire, 41,
(4) 22 janv. 1969, p. 89-95,
(5) 29 janv. 1969, p. 122-131.
- 24 - COMMISSIONAT (Dr Y.) - Affection du ligament alvéolo-dentaire.
Encyclopédie médico-chirurgicale, 1961.
Stomatologie, I, (22028 A 10).
- 25 - CROSS (W.G.) - A periodontal diagnostic instrument.
British Dental Journal, 94 (7), 7 avril 1953, p. 187.
- o
- 26 - DAIX (J.) - Modification tissulaire dento-alvéolaires au cours des traitements orthodontiques.
Actes du (37ème) Congrès annuel de la Société Française d'O.D.F., 2ème session, Paris, 23 novembre 1964.
Orthodontie française, 35 (2), 1965, p. 247-263.
- 27 - DECELLE (V.) - Le choix de l'appareillage en orthodontie.
Actes du (17ème) Congrès annuel de la Société française d'O.D.F. - Lille, 26 mai 1938.
Société Française d'O.D.F., 15, 1938, p. 301-308.

- 28 - DECELLE (V.) - La thérapeutique et ses dangers.
Actes du (32ème) Congrès annuel de la Société française
d'O.D.F. - Athènes, 23 mars-4 avril 1959.
Orthodontie française, 30, 1959, p. 283-297.
- 29 - DECELLE (V.) - Action thérapeutique et réactions tissulaires.
Annales Odonto-Stomatologiques, 17 (4), juil.-août 1960,
p. 181-194.
- 30 - DECELLE (V.) - Le problème de l'équilibre des forces.
Actes du (37ème) Congrès annuel de l'European Orthodontic
Society - Bologne, 11 septembre 1961.
European Society, 1961, p. 216-227.
- 31 - DELIBEROS (Dr J.) - Le rôle des affections gingivo-dentaires
en pathologie cutanée.
Thèse, Paris, 1937, Le François.
- o
- 32 - ESCHLER (J.), BLAU (F.) - De l'emploi pratique des bases
physiologiques dans le traitement fonctionnel des mal-
positions dentaires.
Actes du (26ème) Congrès de la Société Française d'Or-
thopédie dento-faciale - Monte-Carlo, 14 mai 1953.
Société Française d'Orthopédie dento-faciale, 24,
1953, p. 61-74.
- o
- 33 - GARREL (A.), GOURGAS (L.) - Appui muqueux et appui ligamen-
taire en prothèse dentaire.
Revue d'Odonto-Stomatologie du Midi de la France, 24 (4),
1966, p. 284-285.
- 34 - GLICKMAN (I.) - The periodontal structures and removable
partial denture prothesis.
Journal of the American Dental Association, 37 (3),
septembre 1948, p. 311-316.
- 35 - GLICKMAN (I.), STEIN (R.S.), SMULOW (J.B.) - The effect of
increased functional forces upon the periodontium of
splinted and non splinted teeth.
Journal of Periodontology, 32 (4),
octobre 1961, p. 290-300.

- 36 - GLICKMAN (I.), SMULOW (J.B.) - Alterations in the Pathway of gingival inflammation into the underlying tissues included by excessive occlusal forces.
Journal of Periodontology, 33 (1), janvier 1962, p. 7-13.
- 37 - GOLDMAN (H.M.) - The topography and role of the gingival fibers.
Journal of Dental Research, 30 (3), juin 1951, p. 331-336.
- 38 - GOLDMAN (H.M.), COHEN (D.W.) - Periodontia.
Saint-Louis, 1957, C.V. Mosby, 4ème édition, 535 p.
- 39 - GOTTLIEB (B.), ORBAN (B.), PALAZZI (S.) (Trad.) -
Biologia, clinica e terapia della Piorrea Alveolare.
Milano 1934, Ulrico Hoepli, 375 p.
- 40 - GRAF (H.) - Radiotelemetric und Electromyogramm computer analyse in esforschung der kaufunktion.
Les parodontopathies (Actes du 18ème Congrès A.R.P.A., Berlin), mai 1966, p. 279-282.
- o
- 41 - HAUPL (K.) - Uber das Wesen der Zahulockerung.
Revue mensuelle suisse d'Odontologie, 62 (7), juillet 1952, p. 705-706.
- 42 - HELD (A.J.) - Les parodontoses et leur traitement.
Paris, 1939, Masson et Cie, 321 p.
- 43 - HELD (A.J.), CHAPUT (Prof. A.) - Les parodontolyses.
Paris, 1959, Prelat, 360 p.
- 44 - HIRSCHFELD (L.) - A calibrated silver point for periodontal diagnosis and recording.
Journal of Periodontology, 24 (2), avril 1953, p. 94-98.
- 45 - HOPPER (F.E.) - The supporting structures.
I - The supporting structures of the teeth in relation to prosthetics.
The Dental practitioner and dental record, 12 (2), octobre 1961, p. 47-51.

- 46 - HOUSSET (P.) Action sur l'intégrité tissulaire des prothèses partielles fixes et amovibles.
Actes du (8ème) Congrès de la Fédération Dentaire Internationale - Paris, 28 août 1931, 159 p.
- 47 - HOUSSET (P.) - Conditions biologiques et intégrité tissulaire.
P.O.S., 1961, (475), 18 p.
- 48 - HOWELL (A.H.), MANLY (R.S.) - An electronic strain gauge for measuring oral forces.
Journal of Dental Research, 37 (6), décembre 1948, p. 705-712.
- 49 - HULIN (Dr Ch.) - Les parodontoses pyorrhéiques ou pyorrhées alvéolaires.
Paris, 1941, R. Foulon, 739 p.
- o
- 50 - JANKELSON (B.) - Physiology of human dental occlusion.
J.A.D.A., 50 (6), juin 1955, p. 664-680.
- 51 - JEPSEN (A.) - Root surface measurement and a method for X-ray determination of root surface area.
Acta Odontologica Scandinavica, 21 (1), février 1963, p. 35-46.
- 52 - JUNG (F.) - Die Zahubeweglichkeit.
Deutsche Zahnärztliche Zeitschrift, 18 (17), septembre 1963, p. 934-937.
- o
- 53 - KLATSKY (M.), FISCHER (R.L.) - The human masticatory apparatus.
Dental items of interest -
- 73 - (9) sept. 1951, p. 889-902.
 - (10) oct. 1951, p. 982-994.
 - (11) nov. 1951, p. 1085-1096.
 - (12) déc. 1951, p. 1219-1229.
 - 74 - (1) janv. 1952, p. 28-36.
 - (2) fév. 1952, p. 130-144.
 - (3) mars 1952, p. 233-240.
 - (4) avr. 1952, p. 334-339.

- (5) mai 1952, p. 437-445
 - (6) juin 1952, p. 507-515
 - (7) juil. 1952, p. 623-630
 - (8) août 1952, p. 749-755
 - (9) sept. 1952, p. 853-862
 - (10) oct. 1952, p. 954-962
 - (11) nov. 1952, p. 1039-1052
 - (12) déc. 1952, p. 1140-1154
- 75 - (1) janv. 1953, p. 80-86
- (2) févr. 1953, p. 168-180
- (3) mars 1953, p. 254-261
- (4) avril 1953, p. 385-390
- (7) juil. 1953, p. 572-583
- 54 - KNAPP (K.W.), GOLDSTEIN (R.) Trad. - Précis de bridges fixes.
Paris, 1956, Maloine, 173 p.
- 55 - KNUDSEN (P.A.) - Ventriklenes stonelserforhold i anatomisk normale ajerner fre voksne Mennesker.
Thèse, Copenhagen, 63 p.
- 56 - KORBER (K.H.), KORBER (E.) - Kyberneticshes modell der parodontiums.
Les Parodontopathies (Actes du 18ème Congrès A.R.P.A., Berlin), mai 1966, p. 251-262.
- 57 - KORBER (K.H.) - Electronische Belastungsanalyse des Parodontalgerche.
Les Parodontopathies (Actes du 18ème Congrès A.R.P.A., Berlin), mai 1966, p. 263-273.
- 58 - KRAUS (B.S.), JORDAN (R.E.), ABRAMS (L.) - Dental anatomy and occlusion.
Baltimore, 1969, Williams and Wilkins Co, 317 p.
- 59 - KURTH (L.E.) - Mandibular movements mastication.
J.A.D.A., 29 (15), oct. 1942, p. 1769-1790.
- 60 - KURTH (L.E.) - Mandibular movement and articulator occlusion.
Journal of the American Dental Association, 39 (1), juil. 1949, p. 37-46.

- 61 - LEDLEY (R.S.) - A new method of determining the functional forces applied to prosthetic appliances and their supporting tissues.
Journal of Prosthetic dentistry, 5 (4), janv. 1955, p. 546-562.
- 62 - LEDLEY (R.S.) - Engineering analysis of dental forces - Theory and application.
National Biomedical Research Foundation, Silver Spring Maryland, U.S.A. (in House Publication), p. 50 - 167-193.
- 63 - LEDLEY (R.S.) - Use of computers in biology and medicine.
New-York, 1965, Mac Graw - Hill Book Company, p. 618-620.
- 64 - LERICHE (E.) - Contribution à l'enseignement de la théorie des bridges fixes.
R.F.O.S., 12 (3), mars 1965, p. 345-390.
- 65 - LERICHE (R.), POLICARD (A.) - Les problèmes de la physiologie normale et pathologique de l'os.
Paris, 1926, Masson, 229 p.
- o
- 66 - MARGUERITTE (R.) - Les dessins et sculptures en morphologie dentaire.
Paris, 1958, Baillière et Fils édit., 111 p.
- 67 - MARSEILLIER (E.) - Les dents humaines - Morphologie.
Paris, 1965, Gauthier Villars, 140 p.
- 68 - MUHLEMANN (R.) - Die physiologische und pathologische Zahnbeweglichkeit.
Revue mensuelle suisse d'Odontologie, 61 (1), janv. 1951, p. 1-71.
- 69 - MUHLEMANN (R.), HOUGLUM (M.W.) - The determination of the tooth rotation center.
Oral surgery, oral medicine and oral pathology, 7 (4), avril 1954, p. 392-394.
- 70 - MUHLEMANN (R.) - Parodontale Röntgendiagnostik.
Revue mensuelle suisse d'Odontologie, 65 (10), oct. 1955, p. 1005-1013.

- 71 - MUHLEMANN (R.), WARTMANN (P.), MARTHALER (Th. M.) -
Zahnbeweglichkeit, intraalveoläre wurzellänge, biolo-
gischer faktor.
Parodontologie, 2 (1), mars 1955, p. 24-27.
- 72 - MULLER J.J.) - Die wurzeloberfläche wenschlicher Zähne und
urhe bedeutung für ersatzkonstruktionen im belastungs-
bereich der normalen und pathologischen parodontiums.
Revue mensuelle suisse d'Odontologie, 69 (3),
mars 1959, p. 193-199.
- o
- 73 - NEVIN (R.B.) - Periodontal aspects of partial denture
prothesis.
Journal of prosthetic dentistry, 5 (2), mars 1955,
p. 215-219.
- o
- 74 - O'MEYER (R.) - Les perturbations osseuses au cours du
déplacement mécanique des dents sur une arcade.
Revue Stomato-Odontologique du Nord de la France, 5 (17),
1er trimestre 1950, p. 25-29.
- 75 - ORBAN (B.J.) - Biologic principles in periodontics.
Dental digest, 57 (6), juin 1951, p. 250-253
(7), juil.1951, p. 305-307
(8), août 1951, p. 359-363.
- o
- 76 - PARFITT (G.J.) - Measurement of the physiological mobility
of individual tooth in an axial direction.
Journal of Dental Research, 39 (3), mai-juin 1960,
p. 608-618.
- 77 - PARFITT (G.J.) - The dynamics of tooth in function.
Journal of Periodontology, 32 (1), avril 1961,
p. 102-107.
- 78 - PINEDA (Fr.) - Investiga ion de la forma, numero y direccion
radiculares sobre 4252 dientes.
Revista de la Asociacion dental Mexicana, 16 (4),
juil.-août 1959, p. 241-253.

- 79 - POSSELT (U.) - Physiology of occlusion and rehabilitation.
Oxford, 1966, 3ème édition, Blackwell Scientific
Publications, 263 p.
- o
- 80 - RACADOT (Pr J.), WEILL (R.) - Histologie dentaire - Struc-
ture et développement de l'organe dentaire.
Paris, 1966, Masson - J. Prélat, 229 p.
- 81 - RAMFORD (S.P.), ASH (M. Jr) - Occlusion.
Philadelphie, 1966, Saunders, 396 p.
- 82 - RAPER (H.R.) - Critical analysis of a set of "Long-Cone"
radiographs.
Dental Survey, 29 (4), avril 1953, p. 473-476.
- 83 - RATEITSCHAK (K.H.), HERZOG-SPECHT (F.A.) -
Reaktion und regeneration des parodonts auf orthodon-
tische behandlung mit festsitzenden apparaten.
Revue mensuelle suisse d'Odonto-Stomatologie, 75 (7),
juil. 1965, p. 741-755.
- 84 - REITAN (K.) - The mechanical and histologic problems in
the rotation of teeth.
Angle Oethodontic, 10, 1940, p. 140-147.
- 85 - REITAN (K.) - Experimental tooth movement in healthy and
pathological tissue and relation to some mechanical
factors.
Odontologisk Tidschrift, 50, 1942, p. 561.
- 86 - REITAN (K.) - Kontinuerlig parallellforskyvning av tenner
som eksperiment.
Norsk Tannl. Tid., 56, 1946, p. 1-30.
- 87 - REITAN (K.) - Continuous bodily tooth movement and its
histological significance.
Acta Odont. Scand., 6, 1947, p. 115.
- 88 - REITAN (K.) - The initial tissue reaction incident to
orthodontic tooth movement as related to the influence
of function.
Acta Odont. Scand., (Suppl. 3), 1951.

- 89 - REITAN (K.) - The tissue reaction as related to the functional factor.
Dent. Rec., 71, 1951, p. 173.
- 90 - REITAN (K.) - Grunntrekk fra stöttvevets omforming ved eksperimentell tannforskyvning.
Odont. T., 61, 1953, p. 293-299.
- 91 - REITAN (K.) - Apposisjons og resorpsjonsprosessenes forløp ved forskjellige typer benvev.
Norsk Tannl., 63, 1953, p. 161-173.
- 92 - REITAN (K.) - Tissue changes following experimental tooth movement as related to the time factor.
Dent. Rec., 73, 1953, p. 559-568.
- 93 - REITAN (K.) - Die bedeutung des funktionellen Faktors bei der Gewebs-reaktion.
Dtsch. Zahnärztl. Z., 9, 1954, p. 58-67.
- 94 - REITAN (K.) - Orthodontic and myo-functional treatment in adults as related to prosthetic methods.
D. Mag and Oral Topics, 71, 1954, p. 26-36.
- 95 - REITAN (K.) - Tissue reaction as related to the age factor.
Dent. Rec. 74, 1954, p. 271-278.
- 96 - REITAN (K.) - The tissue reaction as related to the age factor.
Trans. Europ. Ortho. Soc., 30, 1954, p. 1-16.
- 97 - REITAN (K.) - Orthodontic methods as applied according to the tissue reaction.
T. Tandheelk, 62, 1955, p. 666-674.
- 98 - REITAN (K.) - Selecting forces in orthodontics.
Europ. Ortho. Soc., 32, 1956, p. 108-125.
- 99 - REITAN (K.) - Some factors determining the evaluation of forces in orthodontics.
Amer. J. Ortho., 43 (1), 1957, p. 32-45.
- 100 - REITAN (K.) - Experiments on rotation of teeth and their subsequent retention.
Europ. Ortho. Soc., 34, 1958, p. 124-140.

- 101 - REITAN (K.) - Retraction of upper canines after removal of the first premolars. Relation to tissue reaction. Europ. Orthodont. Society, 34, 1958, p. 1-5.
- 102 - REITAN (K.) - Tissue rearrangement during retention of orthodontically rotated teeth. Angle Ortho., 29, 1959, p. 105-113.
- 103 - REITAN (K.) - Tissue behaviour during orthodontic tooth movement. Amer. J. Ortho., 46 (12), 1960, p. 881-900.
- 104 - REITAN (K.) - Behaviour of Malassez'epithelial rests during orthodontic tooth movement. Acta Odont. Scand., 19, 1961, p. 443-468.
- 105 - REITAN (K.) - Bone formation and resorption during reversed tooth movement. In : "Vistas in Orthodontics". Philadelphie, 1962, Ed. B.S. Kraus and R.A. Riedel, Lea and Febiger.
- 106 - REITAN (K.) - The influence of variation in bone type and character on tooth movement. Europ. Orth. Soc. Trans., 1963, p. 137-154.
- 107 - REITAN (K.) - Effects of force magnitude and direction of tooth movement on different alveolar bone types. Angle Ortho., 34, 1964, p. 244-255.
- 108 - REITAN (K.) - Effects of Hypercementosis on the morability of teeth during Orthodontic treatment. Angle Ortho., 36, juil. 1966, p. 179-190.
- 109 - REITAN (K.) - European post-graduate course in Edgewise technic. Royaumont, juillet 1966, p. 10-30.
- 110 - RENARD-DANNIN (A.), DINEUR (A.) - Précis d'anatomie dentaire. Paris, 1967, Lemarre-Poinat, 2 volumes, 127 p., 186 p.
- 111 - RITTERSHOFFER (L.F.) - A study of dimensional changes during growth and development of the face. International Journal of Orthodontia and Oral Surgery, 23 (5), mai 1937, p. 462-481.

- 112 - ROSS (I.F.) - The functional environment of the teeth.
Journal of the American Dental Association, 63 (5),
nov. 1961, p. 618-625.
- 113 - ROUBINOV (J.S.) - Physiologie et pathophysiologie de la
mastication et de la déglutition.
Léningrad, 1958, Edition d'Etat de Littérature médi-
cale, Medgiz, 264 p.
- 114 - ROUBINOV (J.S.) - Question de stomatologie orthopédique.
Léningrad, 1960, 231 p.
- 115 - ROUCOULES (L.) - Biomécanique et prothèse fixe.
Revue belge de Science dentaire, 13 (3), 1958,
p. 406-429.
- 116 - ROY (Dr M.) - La pyorrhée alvéolaire.
Paris, 1935, J.B. Baillière et Fils, 344 p.
- o
- 117 - SCHWARZ (M.) - Les bases biologiques fondamentales de la
thérapeutique actuelle dans l'orthopédie dento-maxillo-
faciale.
Revue Odontologique, 73 (1), janv. 1951, p. 42-49.
- 118 - SHORE (N.A.) - Occlusal equilibration and temporo-mandibular
joint dysfunction.
Philadelphie, 1959, Lippincot, 322 p.
- 119 - SICHER (H.) - Changing concepts of the supporting dental
structures.
Oral Surgery, Oral Medecine and Oral Pathology, 12 (1),
janv. 1959, p. 31-35.
- 120 - SKINAZI (G.L.S.) - Etudes de mécanique expérimentale sur
la denture du rat.
Paris, 1967, Thèse d'université, Faculté des Sciences.
- 121 - SMYD (E.S.) - The mechanics of teeth and their supporting
structures.
Chronicle of the Omaha district dental society, 21 (2),
Oct. 1957, p. 43-47.
- 122 - STABERT (C.) - Exploration radiologique.
Encyclopédie médico-chirurgicale, Stomatologie, 36ème
année (22090 D 10), 1965, 23 p.

- 123 - STARNBACH (H.), BAYNE (D.), CLEALL (J.), STUBTELMY (J.D.) -
Facioskeletal and Dental Changes resulting from rapid
maxillary expansion.
Angle Orthodontist, 36 (2), avril 1966, p. 152-164.
- 124 - SUEUR (S.) - Les réactions tissulaires au cours des déplacements dentaires orthodontiques (d'après les travaux du Professeur Kaare REITAN).
Revue d'Orthopédie dento-faciale, 1 (2), avril 1967, p. 58-93.
- o
- 125 - TALLEC (P.) - Morphologie dentaire.
Encyclopédie médico-chirurgicale - Stomatologie.
1964 - (22003 A 10)
1964 - (22003 C 10)
1965 - (22003 C 20)
1964 - (22003 D 10)
1965 - (22003 D 20)
1968 - (22003 M 10)
- 126 - TAVIANI (S.) - Metodica iconografica di morfologia dentale Umana.
Vol. 1 - Cagliari, 1956 - Edition de l'Institut d'Anthropologie de l'Université de Cagliari, 117 p.
- 127 - THIELEMAN (K.), AUTISSIER (J. Trad.), ESSLINGER (G. Trad.) -
Biomécanique de la parodontose.
Paris, 1958, Prélât, 229 p.
- 128 - TYLMAN (S.D.), BRUMFIELD (R.C.), MOULTON (G.H.), TYLMAN (S.G.)
Theory and practice of crown and bridge prosthetics.
Saint-Louis 1965, 5ème édition, C.V. Mosby Co., 1249 p.
- o
- 129 - WATT (D.M.), MAC GREGOR (A.R.), GEDDES (M.) et coll. (dont BOYD J.L.) - A preliminary investigation of the support of partial dentures and its relationship to vertical loads.
Dental Practitioner and Dental record, 2 (1), sept. 1958, p. 2-15.

130 - WESKI (O.) - Die verchemung der sogenameten alveolar pyoorrhee.
(La nouvelle dénomination de ce qu'on appelle pyorrhée
alvéolaire).
Acte du (8ème) Congrès Dentaire International, Paris 2 -
8 août 1931, Sect. IV, p. 16-19.

131 - WHEELER (R.C.) - A texbook of dental anatomy and physiology
chap. 16. The arrangement of the teeth and occlusion.
Philadelphie, 1954, W.B. Samiders Comp., 2ème édition,
p. 358-405.

o

132 - YURKSTAS (A.), CURBY (W.A.) - Force analysis of prosthetic
appliances during function.
Journal of Prosthetic Dentistry, 3 (1), janv. 1953,
p. 82-87.

o

133 - ZEISZ (R.C.), NUCKOLLS (J.) - Dental anatomy.
Saint-Louis, U.S.A., 1949, C.V. Mosby.

